



Digital Receipt

This receipt acknowledges that **Turnitin** received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: I Gusti Agung Putu Eryani
Assignment title: Article
Submission title: POTENSI AIR DAN PENATAAN MU...
File name: BUKU_POTENSI_AIR_DAN_PENAT..
File size: 3.49M
Page count: 92
Word count: 13,029
Character count: 83,349
Submission date: 09-Aug-2020 03:03PM (UTC+0700)
Submission ID: 1367502799



POTENSI AIR DAN PENATAAN MUARA SUNGAI

by I Gusti Agung Putu Eryani

Submission date: 09-Aug-2020 03:03PM (UTC+0700)

Submission ID: 1367502799

File name: BUKU_POTENSI_AIR_DAN_PENATAAN_MUARA_SUNGAI.pdf (3.49M)

Word count: 13029

Character count: 83349



FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS WARMADewa

POTENSI AIR DAN PENATAAN MUARA SUNGAI

DR. IR. I GUSTI AGUNG PUTU ERYANI, M.T.



POTENSI AIR DAN PENATAAN MUARA SUNGAI

Penulis

Dr. Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, M.T.



**POTENSI AIR DAN
PENATAAN MUARA SUNGAI**

Penulis : Dr. Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, M.T.

Denpasar : Jayapangus Press, 2020

iv + 84 pages; 16 x 23 cm

Copyright © Jayapangus Press, 2020

POTENSI AIR DAN PENATAAN MUARA SUNGAI

Penulis :

Dr. Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, M.T.

Penerbit :

Jayapangus Press

Jalan Antasura Gang Dewi Madri I Blok A / 3, Peguyangan
Kangin, Kec. Denpasar Utara, Kota Denpasar, Bali 80115

Anggota IKAPI No. 019/Anggota Luar Biasa/BAI/2018

Anggota APPTI No. 002.066.1.11.2018

p-ISBN : 978-623-7112-30-3

e-ISBN : 978-623-7112-31-0



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya, sehingga Buku Potensi Air dan Penataan Muara Sungai ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun dari materi-materi untuk bahan perkuliahan dan penelitian-penelitian terkait. Isi buku ini lebih banyak membahas tentang muara. Muara sungai menjadi tempat yang sangat menarik karena memiliki banyak potensi. Akan tetapi daerah muara ini seringkali mengalami permasalahan-permasalahan seperti sedimentasi, masalah pencemaran serta degradasi lainnya. Oleh sebab itu untuk menjaga kelestarian potensi airnya dan keberlanjutan potensi muara sungai maka sangat penting untuk melakukan penataan kawasan muara sungai. Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan buku ini. Mudah-mudahan buku ini dapat memberikan sedikit manfaat bagi para mahasiswa pada umumnya yang membuat studi atau penelitian terkait dengan Potensi Air dan Penataan di Muara.

Denpasar, 6 Agustus 2020



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

 1.1 Muara..... 1

 1.2 Kondisi Muara di Bali 3

 1.3 Dinamika Estuaria..... 5

 1.4 Sirkulasi Estuaria 6

 1.5 Parameter Kerusakan Muara Sungai 8

BAB 2 KARAKTERISTIK MUARA 11

 2.1 Karakteristik Muara 11

 2.1.1 Karakteristik Sedimentasi 11

 2.1.2 Karakteristik Morfologi Muara 13

 2.1.3 Pengertian Delta dan Bentuk-Bentuk Delta 14

 2.1.4 Tenaga Pembentuk Delta 21

 2.2 Jenis Muara 25

 2.2.1 Muara yang Didominasi Gelombang Laut (wave-dominated river mouth)..... 25

 2.2.2 Muara yang Didominasi Aliran Sungai (river flow-dominated river mouth)..... 26

 2.2.3 Muara yang Didominasi Pasang Surut (tide-dominated river mouth)..... 28

 2.3 Muara dan Permasalahannya..... 29

ii



2.3.1 Banjir	29
2.3.2 Pencemaran Air.....	31
2.3.3 Alih Fungsi Lahan	32
2.3.4 Sedimentasi.....	32
2.4 Kriteria Pemilihan Perbaikan Muara Sungai	34
2.5 Kriteria Stabilitas Muara Sungai	35
2.6 Tingkat Kerusakan dan Bobot	36
BAB 3 PENATAAN MUARA SUNGAI	41
3.1 Pentingnya Penataan Muara Sungai.....	41
3.2 Normalisasi.....	41
3.3 Pengerukan (Dredging)	42
3.3.1 Tipe – Tipe Pengerukan.....	43
3.3.2 Proses Pengerukan.....	44
3.3.3 Tujuan Pengerukan	44
3.4 Jetty	45
3.4.1 Tipe Bangunan Jetty	46
3.4.2 Jetty Tipe Rubble Mound.....	46
3.4.3 Jetty Dari Susunan Bronjong.....	49
3.4.4 Turap Baja Kantilever.....	50
3.4.5 Turap Baja Berongga	51
3.4.6 Kaison Beton	52
3.4.7 Susunan Pipa Beton Bulat.....	54
3.4.8 Perbandingan Beberapa Konstruksi Jetty.....	54
3.5 Waterfront Development.....	73
3.5.1 Jenis – Jenis Waterfront.....	74
3.5.2 Fungsi Waterfront.....	75



3.5.3 Kriteria – Kriteria Waterfront.....	75
BAB 4 PENGELOLAAN POTENSI AIR MUARA.....	57
4.1 Kualitas air muara.....	57
4.1.1 Pengelolaan Kualitas Air	58
4.1.2 Pengendalian Mutu Air	59
4.2 Penggunaan Potensi Air Muara Sungai	60
4.2.1 Model Pengelolaan Potensi Air Muara	62
4.2.2 Konservasi Air di Hilir Sungai	63
BAB 5 PENGEMBANGAN POTENSI MUARA.....	69
5.1 Ekowisata	69
5.2 Ekowisata di Daerah Muara.....	70
DAFTAR PUSTAKA	77
PROFIL PENULIS	83



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Muara

Muara sungai, atau ringkasnya muara adalah wilayah badan air tempat masuknya satu atau lebih sungai ke laut, samudra, danau, bendungan, atau bahkan sungai lain yang lebih besar. Di wilayah pesisir, muara sungai sangat terpengaruh oleh kondisi air daratan seperti aliran air tawar dan sedimen, serta air lautan seperti pasang-surut, gelombang, dan masuknya air asin ke darat. Bergantung pada lokasi dan kondisi lingkungannya, muara dapat mengandung banyak relung ekologis dalam area kecil, dan begitu juga terkait dengan tingginya keanekaragaman hayati. Muara sungai-sungai besar dapat membentuk estuaria dan juga delta (Eryani, 2017).

12

Estuari yang berasal dari bahasa Latin aestus, berarti pasang-surut (Odum, 1971). Berdasarkan definisi Pritchard estuari merupakan suatu bentukan masa air yang semi tertutup di lingkungan pesisir, yang berhubungan langsung dengan laut lepas, sangat dipengaruhi oleh efek pasang-surut dan masa airnya merupakan campuran dari air laut dan air tawar (Pritchard, 1967).

Muara sungai atau Estuaria adalah perairan yang semi tertutup yang berhubungan bebas dengan laut, sehingga air laut dengan salinitas tinggi dapat bercampur dengan air tawar. Kombinasi pengaruh air laut dan air tawar tersebut akan menghasilkan suatu komunitas yang khas, dengan kondisi lingkungan yang bervariasi,

antara lain: tempat bertemunya arus sungai dengan arus pasang surut, yang berlawanan menyebabkan suatu pengaruh yang kuat pada sedimentasi, pencampuran air, dan ciri-ciri fisika lainnya, serta membawa pengaruh besar pada biotanya. Pencampuran kedua macam air tersebut menghasilkan suatu sifat fisika lingkungan khusus yang tidak sama dengan sifat air sungai maupun sifat air laut. Perubahan yang terjadi akibat adanya pasang surut mengharuskan komunitas mengadakan penyesuaian secara fisiologis dengan lingkungan sekelilingnya (Eryani, 2015a).

Estuari merupakan suatu komponen ekosistem pesisir yang dikenal sangat produktif dan paling mudah terganggu oleh tekanan lingkungan yang diakibatkan kegiatan manusia maupun oleh proses-proses alamiah (Dahuri, 1992). Di lain pihak sebagian besar penduduk dunia (hampir mencapai 70%) bermukim di sekitar wilayah pesisir dan sepanjang tepian sungai termasuk di Indonesia.



Gambar 1.1 Muara Sungai Petanu



1.2 Kondisi Muara di Bali

Muara Sungai berfungsi sebagai pengeluaran atau pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir ke laut. Karena letaknya yang berada di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar dibanding pada tampang sungai di bagian hulu. Selain itu muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut air laut. Permasalahan yang sering dijumpai di daerah muara sungai adalah banyaknya endap sedimen di muara sungai sehingga tampang aliran kecil, yang dapat mengganggu pembuangan debit sungai ke laut. Ketidaklancaran pembuangan tersebut dapat mengakibatkan banjir di daerah sebelah hulu muara. Berikut merupakan beberapa permasalahan muara sungai di Bali.

Muara Tukad Pangi merupakan salah satu muara sungai yang ada di Bali yang terletak di Pantai Pererenan, Pererenan, Mengwi, Kabupaten Badung, Bali. Pantai Pererenan mengalami rata-rata perubahan garis pantai sepanjang 15,07 m dan rata-rata laju erosi 2,15 m/tahun (Aryastana, Ardantha and Agustini, 2017). Muara Tukad Pangi saat ini mengalami pengendapan oleh material yang terbawa baik dari arus sungai menuju muara ataupun material hasil dari erosi yang terjadi di Pantai Pererenan (Werdi and Eryani, 2020).

Muara Kedunggu merupakan salah satu muara yang terletak di Kabupaten Tabanan. Saat ini pengelolaan lingkungan di sepanjang pantai Kedunggu dan muara sungainya sudah mulai ditata. Permasalahan yang terjadi di pantai Kedunggu disebabkan oleh gelombang angin (ombak) dan kenaikan muka air laut. Sedangkan faktor ulah manusia yang turut memperparah erosi/abrasi pantai



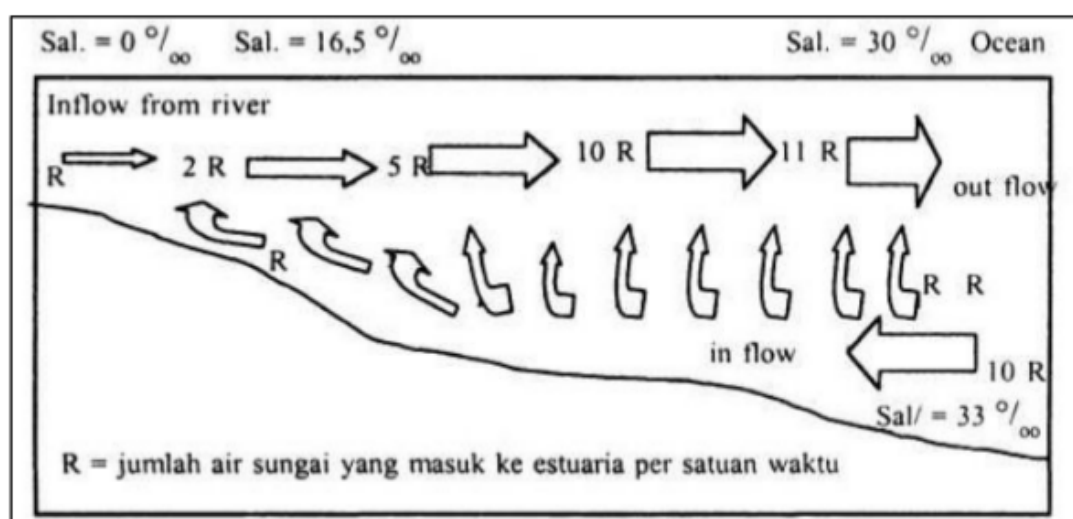
yaitu pengambilan material pantai seperti pasir laut, batu sikat dan batu karang. Hampir semua aliran air muara sungai-sungai di Kabupaten Tabanan baik sungai kecil maupun sungai besar bersifat meander dimana air sungai tidak langsung mengalir ke laut secara tegak lurus pantai melainkan berbelok berubah-ubah ke kanan dan ke kiri dan mengikis pasir pantai yang berada di sekitar muara sungai. Hal ini disebabkan karena disposisi sedimen (pasir) oleh ombak lebih besar dari kemampuan air sungai mengikisnya secara langsung di mulut muara sehingga alir sungai berbelok ke kanan atau ke kiri. Semakin jauh aliran air sungai masuk ke laut dari mulut muaranya maka semakin besar tingkat erosi yang ditimbulkan. Gelombang yang menimbulkan abrasi pantai adalah gelombang yang datanginya membentuk sudut dengan garis pantai. Gelombang datang dengan membentuk sudut menggerus pantai, menimbulkan arus menyusur pantai (longshore current), dan angkutan sedimen sekitar pantai (litoral drift). Pada pantai-pantai dimana gelombang datang tegak lurus dengan garis pantai cenderung membentuk gumuk pasir yang cukup lebar seperti di pantai Kedungu (Eryani, 2015b).

Kondisi lahan di daerah Muara Sungai Sowan di Perancak Jembrana DAS Sowan dengan luas 205,818 km². Curah hujan di wilayah DAS ini sekitar 1.900 mm per tahun dengan kondisi aliran sungai tidak sepanjang tahun atau semi permanen. Karakteristik morfologi muara sungai Sowan (Perancak dan sekitarnya) dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Kemiringan sungai di daerah muara sangat landai dengan tingkat pengendapan sedimen di muara

relatif tinggi. Pada musim penghujan daerah ini sering terjadi banjir (Eryani, 2014).

1.3 Dinamika Estuaria

Wilayah estuaria merupakan pesisir semi tertutup (semi-enclosed coastal) dengan badan air mempunyai hubungan bebas dengan laut terbuka (open sea) dan kadar air laut terlarut dalam air tawar dari sungai. Di wilayah ini terjadi percampuran antara masa air laut dengan air tawar dari daratan, sehingga air menjadi payau dengan salinitas berkisar antara 5 - 16,5‰.



Gambar 1.1 Sistem Sirkulasi pada Estuaria

Sumber: (Gross, 1987)

Wilayah ini meliputi muara sungai dan delta-delta besar, hutan mangrove dekat estuaria dan hamparan lumpur dan pasir yang luas. Wilayah ini juga dapat dikatakan sebagai wilayah yang sangat dinamis, karena selalu terjadi proses dan perubahan baik lingkungan fisik maupun biologis. Bercampurnya masa air laut dengan air tawar menjadikan wilayah estuaria memiliki keunikan tersendiri, yaitu dengan terbentuknya air payau dengan salinitas yang berfluktuasi.

Perubahan salinitas ini dipengaruhi oleh air pasang dan surut serta musim. Selama musim kemarau, volume air sungai berkurang sehingga air laut dapat masuk sampai ke arah hulu, dan menyebabkan salinitas di wilayah estuaria menjadi meningkat. Pada musim penghujan air tawar mengalir dari hulu ke wilayah estuaria dalam jumlah besar, sehingga salinitas menjadi turun/rendah.

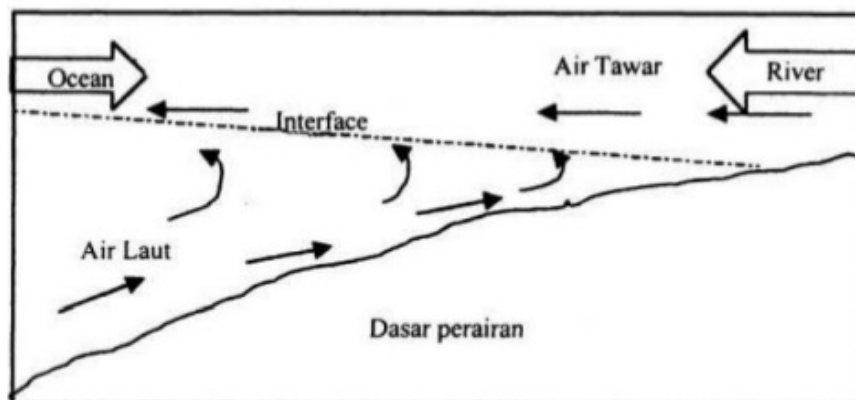
Adanya aliran air tawar yang terjadi terus menerus dari hulu sungai dan adanya proses gerakan air akibat arus pasang surut yang mengangkut mineral-mineral, bahan organik dan sedimen merupakan bahan dasar yang dapat menunjang produktifitas perairan di wilayah estuaria yang melebihi produktifitas laut lepas dan perairan air tawar.

1.4 Sirkulasi Estuaria

Perbedaan salinitas di wilayah estuaria mengakibatkan terjadinya proses pergerakan masa air. Air asin yang memiliki masa jenis lebih besar dari pada air tawar, menyebabkan air asin di muara yang berada di lapisan dasar dan mendorong air tawar menuju laut. Sistem sirkulasi dalam estuaria yang demikian inilah, yang mengilhami proses terjadinya up-welling. Proses pergerakan antara masa air laut dan air tawar ini menyebabkan terjadinya stratifikasi yang kemudian mendasarnya tipe-tipe estuaria, yaitu:

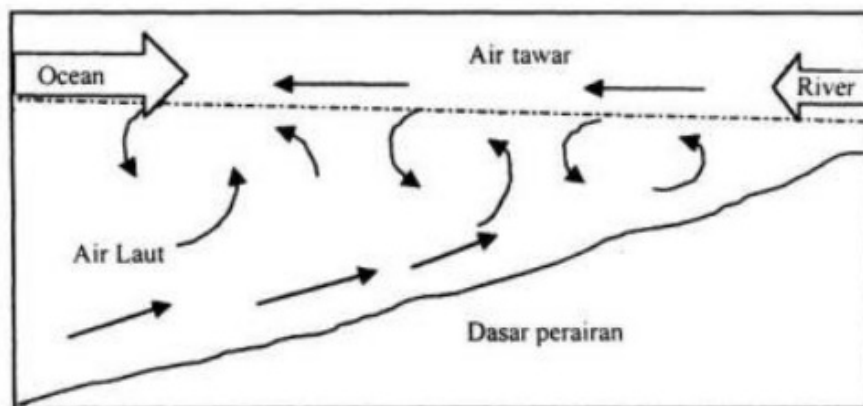
- Estuaria berstratifikasi sempurna atau estuaria baji garam (salt wedge estuary), jika aliran sungai lebih besar dari pada pasang surut sehingga mendominasi sirkulasi estuaria;

- Estuaria berstratifikasi sebagian atau parsial (moderately stratified estuary), jika aliran sungai berkurang, dan arus pasang surut lebih dominan maka akan terjadi pencampuran antara sebagian lapisan masa air;
- Estuaria campuran sempurna atau estuaria homogeny vertikal (well-mixed estuaries), jika aliran sungai kecil atau tidak ada sama sekali, dan arus serta pasang surut besar, maka perairan menjadi tercampur hampir keseluruhan dari atas sampai dasar.



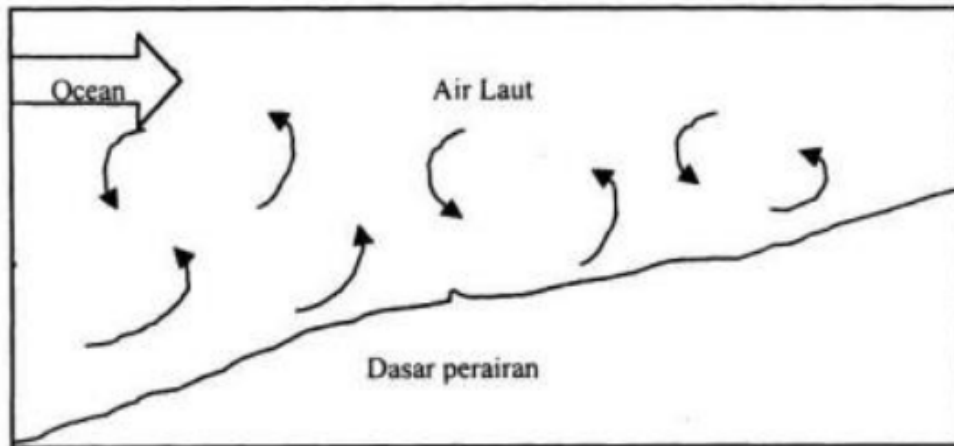
Gambar 1.2 Estuaria berstratifikasi sempurna

Sumber: (Gross, 1987)



Gambar 1.3 Estuaria berstratifikasi sebagian

Sumber: (Gross, 1987)



Gambar 1.4 Estuaria campuran sempurna

Sumber: (Gross, 1987)

1.5 Parameter Kerusakan Muara Sungai

Untuk keperluan penanggulangan kerusakan muara sungai, perlu diketahui secara pasti penyebab dominan permasalahan yang terdapat di muara sungai. Dengan mengetahui permasalahan tersebut, perencana akan lebih mudah mencari jalan pemecahan masalah yang paling tepat dan yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Ada beberapa parameter dominan yang mempengaruhi kerusakan muara sungai, lima di antaranya adalah:

- 1) Debit sungai,
- 2) Angkutan sedimen sungai,
- 3) Gelombang dan arus menyusur pantai,
- 4) Angkutan sedimen pantai,
- 5) Pasang surut dan arus pasang surut.

Pengaruh kelima parameter tersebut dapat berubah-ubah, tergantung pada waktu. Pada saat musim kemarau, debit sungai dan sedimen sungai cukup kecil sehingga pengaruhnya terhadap



pembentukan muara sungai relatif kecil, sedangkan pada waktu musim penghujan debit sungai dan sedimen sungai sangat dominan dalam pembentukan muara sungai. Demikian pula pengaruh gelombang pada pembentukan muara sungai, sangat tergantung pada musimnya.

Di Indonesia terdapat beberapa musim di antaranya, ialah musim kemarau dan musim penghujan dalam kaitannya dengan banjir, musim barat dan musim timur dalam kaitannya dengan gelombang, serta pasang purnama dan perbani dalam kaitannya dengan arus pasang surut. Untuk menganalisis permasalahan muara sungai, perlu dikaji parameter-parameter tersebut dengan memasukkan faktor musim yang terdapat di wilayah setempat, dalam hal ini musim yang terdapat di Indonesia.





BAB 2

KARAKTERISTIK MUARA

2.1 Karakteristik Muara

2.1.1 Karakteristik Sedimentasi

Sedimentasi terjadi akibat adanya gelombang yang datang dan membentuk sudut terhadap garis pantai sehingga mengakibatkan lepasnya sedimen pada suatu daerah pantai dan berpindah sejajar arah pantai tersebut ke daerah pantai lain kemudian mengendap dan terjadilah sedimentasi. Sifat-sifat sedimen pantai dapat mempengaruhi laju transpor sedimen di sepanjang pantai. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel, rapat massa, berat jenis, kecepatan endap. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting.

Menurut Dackombe dan Gardiner (1983), kebanyakan sumber dari material sedimen adalah daratan, dimana erosi dan pelapukan batuan berperan terhadap pengikisan daratan dan ditransportasikan ke laut (Dackombe and Gardiner, 1983).

Sedimen pantai menurut Pethick (1984) berasal dari tiga sumber, yaitu erosi sungai, erosi pantai, dan erosi dasar laut, dimana pada kenyataannya justru sungai yang memberikan suplai yang relatif besar (kurang lebih 90%) terhadap transport sedimen yang terjadi di pantai (Pethick, 1984).

Jenis sedimen dan ukuran partikel- partikel tanah serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusun dikenal



bermacam sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya. Tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen ditemukan terlarut dalam sungai atau disebut muatan sedimen (suspended sediment), merayap (bed load) dan Wash Load (Anasiru, 2006).

6

1. Muatan Dasar (Bed Load Transport)

Muatan dasar adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling meluncur dan meloncat. Muatan dasar keadaannya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar sungai selalu terjadi proses degradasi.

6

2. Sedimen Layang (Suspended Load)

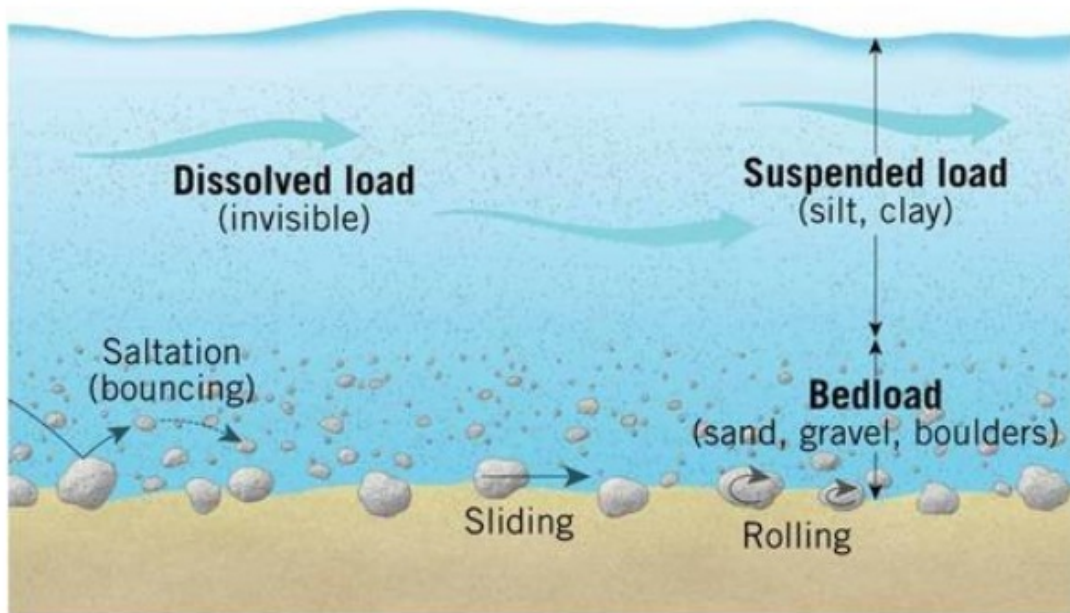
Partikel sedimen dikatakan melayang bila mana partikel tersebut bergerak tanpa menyentuh dasar saluran. Karena adanya pengaruh gaya berat, partikel-partikel tersebut cenderung untuk mengendap. Kecenderungan untuk mengendap ini akan dilawan oleh gerakan partikel zat cair, yaitu komponen fluktuasi kecepatan dari aliran turbulen. Angkutan sedimen melayang sering disertai dengan angkutan sedimen dasar, dan transisi antara dua metode transport tersebut dapat terjadi secara bertahap, sesuai dengan perubahan kondisi aliran.

6

3. Sedimen Wash Load

Sedimen wash load adalah butir sedimen yang hampir tidak pernah bersinggungan dengan dasar sungai atau saluran. Pada wash load, butir sedimen bergerak bagaikan digelontor oleh aliran dan tidak pernah menyentuh dasar sungai atau

saluran. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran sangat halus.



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Sedimen

Sumber: (Williams, 2015)

2.1.2 Karakteristik Morfologi Muara

Menurut (Triatmodjo, 1999), morfologi muara sungai terdiri dari 3 (tiga) jenis yaitu:

- Muara sungai yang didominasi oleh debit sungai.
Muara sungai ini terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara ke laut dengan gelombang relative kecil. Pada waktu air surut sedimen akan terdorong ke muara dan menyebar di laut.
- Muara sungai yang didominasi oleh gerakan gelombang.
Muara sungai ini dipengaruhi oleh gelombang besar yang terjadi pada pantai berpasir dapat menimbulkan



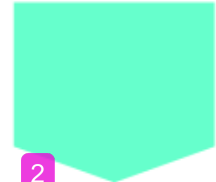
angkutan (transport) sedimen baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar/sepanjang pantai. Angkutan sedimen tersebut dapat bergerak masuk ke muara sungai dan di daerah tersebut kondisi gelombang sudah tenang maka sedimen akan mengendap, semakin besar gelombang semakin besar angkutan sedimen dan semakin banyak sedimen yang mengendap di muara sungai.

- Muara sungai yang didominasi oleh gerakan pasang surut air laut.

1
Muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut, apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam perioda waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian kecepatan arus selama air surut tersebut besar, yang cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Muara sungai tipe ini berbentuk corong atau lonceng.

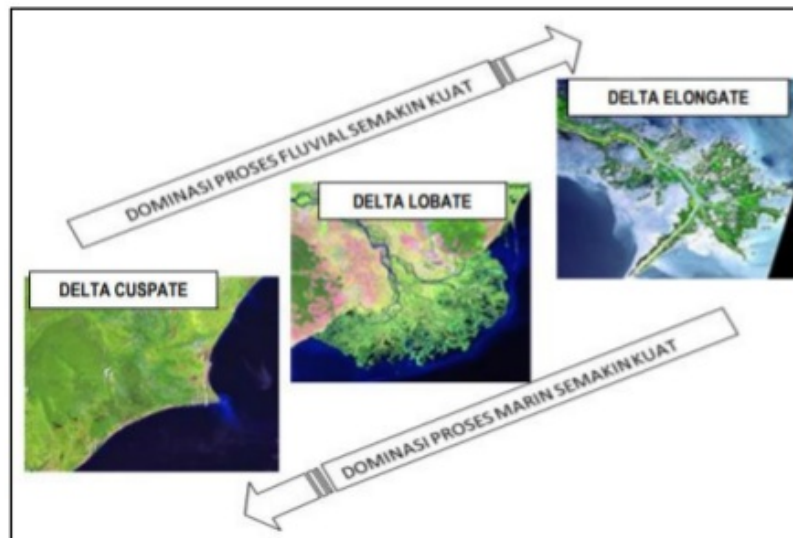
2.1.3 Pengertian Delta dan Bentuk-Bentuk Delta

2
Pengertian delta menurut Reineck dan Singh (1975) adalah massa sedimen baik subaerial maupun submerged yang terendapkan pada tubuh air (laut atau danau) terutama oleh aktivitas sungai (Reineck and Singh, 1975).



Wright (1987) mendefinisikan delta sebagai daerah akumulasi di wilayah pesisir, baik yang subaqueous dan subaerial, materialnya berasal dari endapan sungai maupun endapan sekunder dari laut yang dibentuk oleh berbagai agen, seperti gelombang, arus atau pasang surut (Wright, 1987).

Hehanussa et al. (1975) mengemukakan bahwa delta merupakan hasil interaksi proses fluvial dan marin sehingga dinamika delta tidak terlepas dari dua hal di atas. Hal ini ditunjukkan oleh maju atau mundurnya garis pantai delta, yakni maju pada bagian yang mendapatkan imbuhan sedimen dan mundur pada bagian yang mengalami abrasi. Kuat lemahnya pengaruh proses marin dan proses fluvial mempengaruhi jenis delta yang terjadi. Apabila pengaruh proses fluvial lebih kuat dibanding proses marin, maka akan terbentuk Delta Kipas (*lobate*) dan Delta Kaki Burung (*elongate*) yang termasuk high constructive deltas. Jika pengaruh proses marin lebih kuat maka akan terbentuk Delta Lancip (*Cuspate*) yang termasuk high-destructive deltas (Hehanussa, Hadiwisastro and Joehanah, 1975).



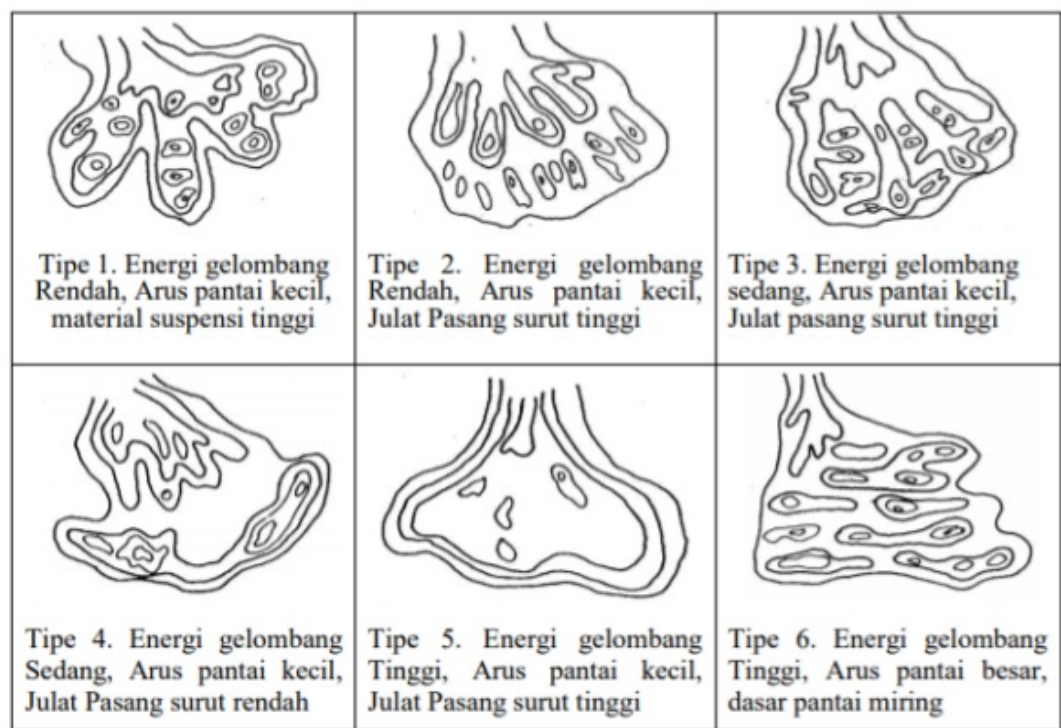
Gambar 2.2 Hubungan Proses Marin dan Fluvial pada Pengendapan Delta

Sumber: (Hehanussa, Hadiwisastra and Joehanah, 1975)

Wright (1987) membagi delta menjadi enam tipe. Tipe pertama berkembang pada lingkungan yang mempunyai julat pasang surut rendah, arus sepanjang pesisir rendah, serta material halus sebagai suspended load lebih dominan, akan cenderung membentuk delta tipe kaki burung. Tipe kedua berkembang pada tempat yang terpengaruh energi gelombang rendah, dasar pesisir dangkal, tetapi mempunyai julat pasang-surut tinggi, sehingga meninggalkan bentuk yang lebar. Tipe ketiga di bawah pengaruh energi gelombang sedang, julat pasang-surut tinggi, serta arus sepanjang pesisir rendah, sehingga akan meninggalkan bentuk kenampakan beach sands pada saluran sungai dan menyebabkan saluran sungai tidak berkembang. Tipe keempat di bawah pengaruh energi gelombang yang sedang, dasar pesisir sangat datar, julat pasang-surut rendah, sehingga meninggalkan bentuk barriers sands dan membentuk

semacam lagoon sebagai wadah perkembangan delta lebih lanjut. Tipe kelima berkembang pada tempat yang terpengaruh oleh energi gelombang yang besar, topografi dasar pesisir miring. Tipe keenam di bawah pengaruh energi gelombang yang sangat besar dengan arus pesisir yang cukup kuat, sehingga meninggalkan bentuk memanjang sejajar garis pesisir.

Untuk lebih jelasnya gambaran bentuk masing-masing delta tersaji dalam Gambar 2.2 sebagai berikut.



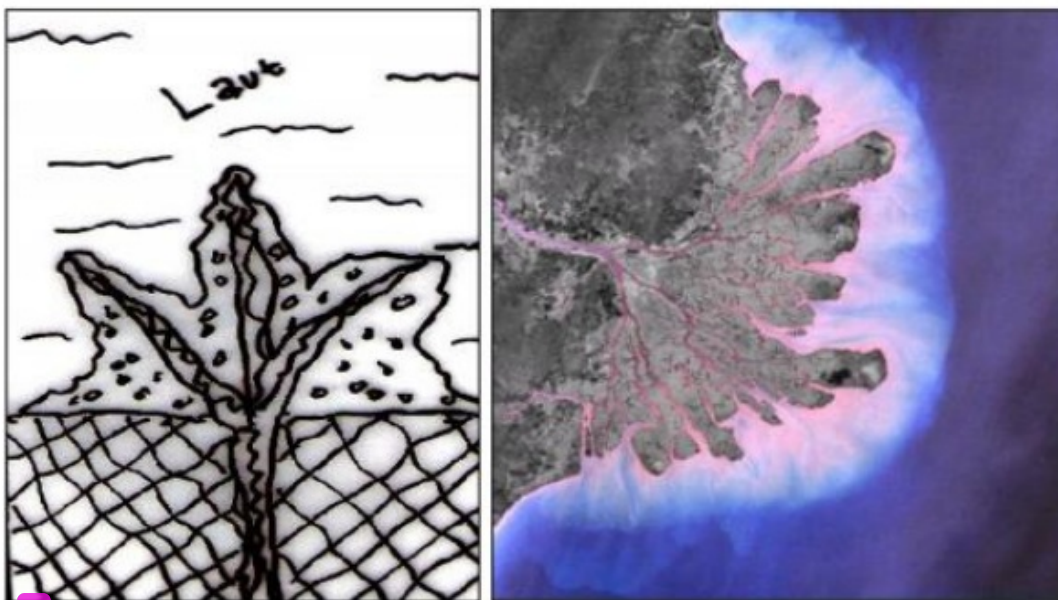
Gambar 2.3 Tipe-tipe Delta

Sumber: (Wright, 1987)

Sedangkan menurut Hartoko (2010) ² bentuk delta dapat dikelompokkan 5 macam, yaitu:

- a) Delta Lobben, bentuknya menyerupai kaki burung. Delta ini biasanya tumbuh cepat besar, karena sungai membawa

banyak bahan endapan, contohnya Delta Mississippi dan Delta Mahakam di Kalimantan Timur yang tersaji pada Gambar 2.4. Delta Mahakam terjadi karena tingginya muatan sedimen dan kuatnya dorongan masa air Sungai Mahakam ke arah laut, maka karakter Delta Mahakam adalah *'fresh-water dominated delta ecosystem'*. Mencermati bentuk delta yang dapat mengembang ke semua arah menandakan bahwa tidak terdapat tahanan kuat dari masa air laut. Apabila ada tekanan suatu arus dari arah tertentu, maka bentuk delta akan berbelok mengikuti arah arus atau arah gelombang yang terjadi di perairan tersebut.



Gambar 2.4 Bentuk Delta Kaki Burung (lobben) dan Delta Mahakam

Sumber: (Hartoko, 2010)

- b) Delta Tumpul, bentuknya seperti busur. Bentuknya yang tumpul menandakan bahwa energi gelombang yang

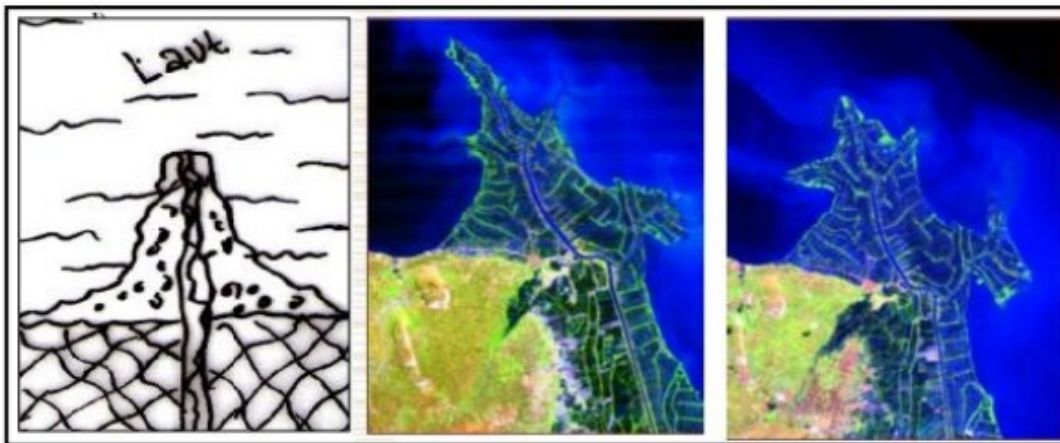
datang relatif kuat dengan arah tegak lurus ke arah pantai, sehingga material sedimen yang berasal dari sungai akan didistribusikan secara merata ke arah kanan dan kiri muara. Keadaannya cenderung tetap (tidak bertambah besar), misalnya Delta Tiger dan Sungai Nil sebagaimana tersaji pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk Delta Sungai Nil dan Delta Tiger

Sumber: (Hartoko, 2010)

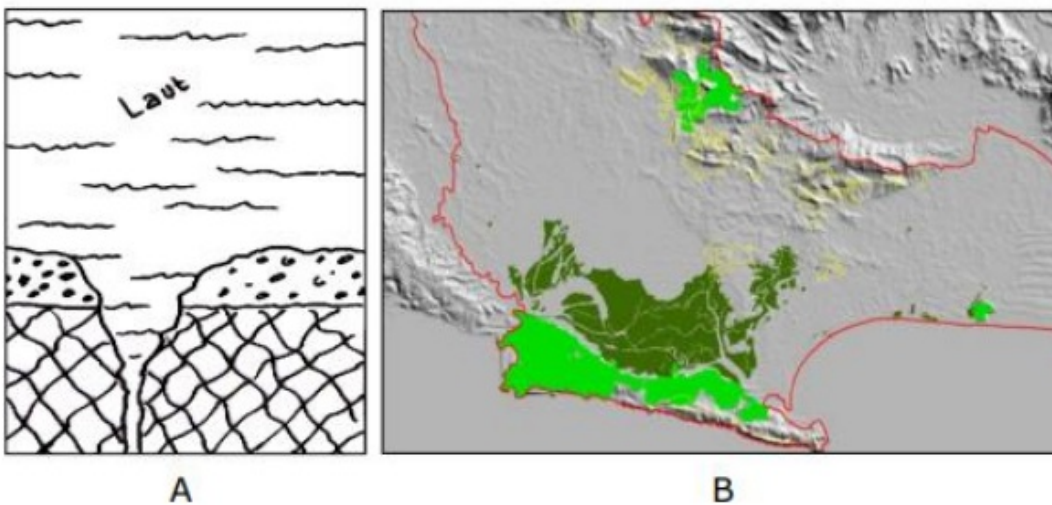
- c) Delta Runcing, bentuknya runcing ke atas menyerupai kerucut. Delta ini makin lama makin sempit. Bentuk semakin menyempit dikarenakan semakin lemahnya energi masa air sungai dan karena pantai yang sangat landai. Contoh adalah Delta Sidorajo, Provinsi Jawa Timur tersaji pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Bentuk Delta Runging Sidoarjo Jatim dari Landsat_ETM 1994 dan 2002

Sumber: (Hartoko, 2010)

- 2
- d) Estuaria, yaitu bagian yang rendah dan luas di mulut sungai. Contoh seperti pada Laguna Segara Anakan, Cilacap Jawa Tengah yang tersaji dalam Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Delta Estuaria (A) dan Laguna Segara Anakan (B)

Sumber: (Hartoko, 2010)

- e) Delta Berbelok, biasanya pertemuan sungai dan pantai samudera laut dalam. Delta berbelok terjadi karena tekanan arus dari laut sangat besar sehingga aliran sungai tidak dapat masuk ke arah laut dalam. Contohnya adalah pada Delta Pantai Ayah Kebumen yang ada di Pantai Selatan Jawa sebagaimana tersaji pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Pantai Estuaria Ayah Kebumen yang Berbelok di Pantai Selatan Jawa

Sumber: (Hartoko, 2010)

2.1.4 Tenaga Pembentuk Delta

Perubahan-perubahan yang terjadi pada bentuk lahan delta disebabkan oleh proses-proses yang bekerja pada bentuk lahan itu. Sunarto (2004) menyatakan bahwa tenaga alami yang bekerja di daerah kepepesisiran (coastal) yakni angin, gelombang, arus, dan pasang surut. Tenaga ini baik langsung maupun tidak langsung akan



ikut mempengaruhi morfodinamika delta (Sunarto, 2004). Berikut akan ditelaah pustaka yang berkaitan dengan tenaga alami tersebut.

1) Angin (wind)

Angin termasuk tenaga yang secara tidak langsung mempengaruhi bentukan delta. Duxbury et al. (2002) mengemukakan, bahwa kebanyakan tenaga untuk membangkitkan gelombang laut adalah angin (Duxbury *et al.*, 2002). Menurut Selby (1985) tiupan angin lemah yang melintasi permukaan air laut dapat diamati dari riak permukaan air, akan tetapi riak-riak yang teratur tidak akan dapat dihasilkan hingga gelombang mempunyai kecepatan lebih dari 1,1 m/dt (Selby, 1985).

2) Gelombang Laut (wave)

Di atas sudah dijelaskan bahwa tiupan angin di permukaan air laut menyebabkan permukaan air laut itu menjadi gelombang. Gelombang laut memiliki bentuk dan dimensi. Bentuk gelombang secara ideal adalah bentuk sinus. Gelombang berbentuk sinus memiliki puncak dan lembah gelombang, karena itu suatu gelombang memiliki dimensi tinggi. Tinggi gelombang (H) ialah jarak vertikal antara puncak dan lembah. Oleh karena gelombang berbentuk sinus, maka suatu gelombang memiliki dimensi panjang. Panjang gelombang (L) ialah jarak horizontal yang diukur dari titik puncak suatu gelombang hingga titik puncak pada gelombang berikutnya yang berurutan. Dimensi gelombang berikutnya adalah periode gelombang (T) yaitu waktu yang



dibutuhkan untuk satu panjang gelombang melintasi satu titik.

Summerfield (1991) menyatakan bahwa ada hubungan antara kecepatan angin dengan tinggi gelombang, yang secara empiris telah ditentukan berdasarkan bukti-bukti observasi seperti berikut ini, Tinggi Gelombang $H = 0,031 U^2$ (dalam meter), dimana U adalah kecepatan angin yang terjadi di laut (Summerfield, 1991).

3) Arus Laut (Current)

Arus laut merupakan tenaga marin yang berpengaruh terhadap daerah pesisir. Menurut Duxbury et al. (2002) arus laut yang berpengaruh terhadap perkembangan pantai adalah arus pasang surut (tidal current), arus menuju pantai (onshore current), arus susur pantai (longshore current), dan arus balik (rip current). Arus pasang berlangsung ketika air laut bergerak ke arah daerah pesisir pada saat pasang dan berbalik mengalir ke arah laut pada saat surut. Ketika terjadi arus pasang dan kemudian berubah menjadi arus surut, terjadi suatu periode air tenang dimana kecepatan arus pasang sangat lambat, berhenti, dan kemudian berbalik arah. Arus menuju pantai (onshore current) terjadi pada saat gelombang yang bergerak ke arah pantai menghasilkan arus pada zona empasan (surf zone). Arus menuju pantai ini membawa sedimen dari laut menuju ke pantai dan mengendapkannya di pantai (Duxbury et al., 2002). Arus susur pantai (longshore current) ialah arus laut yang



terdapat di zona empasan, yang umumnya bergerak sejajar garis pantai, yang ditimbulkan gelombang pecah yang membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus yang menyusuri dan sejajar pantai ini umumnya merupakan hasil gelombang yang datang pada perairan pantai yang dangkal pada sudut yang kurang dari normal terhadap garis pantai dan kontur bawah laut.

4) Pasang Surut (Tide)

Pasang surut air laut merupakan fluktuasi ritmik muka air laut yang diakibatkan oleh pengaruh gaya tarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari, terhadap massa air laut di bumi. Pengaruh gaya tarik bulan terhadap muka air laut di bumi lebih besar 2,34 kali daripada pengaruh gaya tarik matahari (Duxbury et al., 2002). Pada saat berlangsung air pasang disebut air naik (flood tide) dan kedudukan muka laut mencapai puncaknya disebut air tinggi (high water). Pada saat berlangsung air surut disebut air turun (ebb tide) dan kedudukan muka laut mencapai titik rendahnya disebut air rendah (low water). Beda tinggi antara air tinggi dan air rendah disebut sebagai julat pasut (tidal range). Pasang purnama atau pasang perbani (spring tide) terjadi ketika kedudukan bulan segaris dengan matahari, yakni pada saat Bulan Purnama dan saat Bulan Mati. Pada saat pasang purnama ini terjadi julat pasut terbesar, sehingga terjadi pula kedudukan muka laut tinggi tertinggi (highest high water) dan kedudukan muka laut rendah terendah (lowest



low water). Pasang mati (neap tide) terjadi ketika seperempat bulan awal dan seperempat bulan akhir.

2.2 Jenis Muara

Muara sungai secara umum dapat dibagi menjadi tiga macam, sesuai dengan faktor dominan yang mempengaruhi muara. Ketiga macam tipe muara tersebut adalah sebagai berikut.

2.2.1 Muara yang Didominasi Gelombang Laut (*wave-dominated river mouth*)

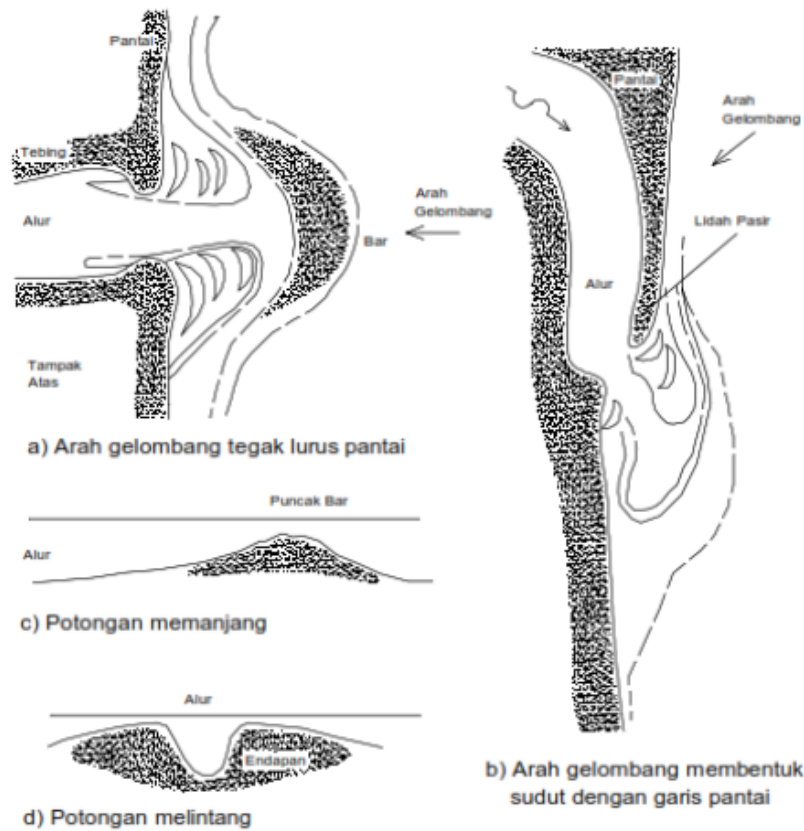
Tipe muara ini ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun cukup besar dan arus menyusur pantai cukup dominan dalam pembentukan muara sungai. Pada tipe ini biasanya muara tertutup oleh lidah pasir dengan pola sedimentasi, seperti terlihat pada Gambar 2.9. Pola sedimentasi yang terjadi di muara tersebut sangat tergantung pada arah gelombang.

Jika arah gelombang dominan menyudut terhadap pantai, akan terjadi penutupan muara dengan arah penutupan sesuai dengan arah gerakan pasir menyusur pantai (lihat Gambar 2.9 b). Pada kondisi muara dengan arah gelombang dominan yang relatif tegak lurus dengan pantai, pola sedimentasi akan terlihat, seperti pada Gambar 2.9 a.

Permasalahan utama pada sungai ini ialah saat awal musim hujan, yaitu ketika endapan pasir di muara cukup tinggi dan biasanya muara cukup sempit. Muara tidak mampu menyalurkan air banjir di awal musim hujan. Jika sungai tersebut juga digunakan untuk

keperluan nelayan, nelayan tidak dapat atau sulit memasuki muara sungai pada kondisi seperti itu.

Jika arah gelombang dominan menyudut, muara sungai akan sering berpindah tempat sehingga dapat menyulitkan pengendalian banjir ataupun pengelolaan daerah sekitar muara.



Gambar 2.9 Tipe Muara yang Didominasi Gelombang Laut

Sumber: (Davis, 1985)

2.2.2 Muara yang Didominasi Aliran Sungai (*river flow-dominated river mouth*)

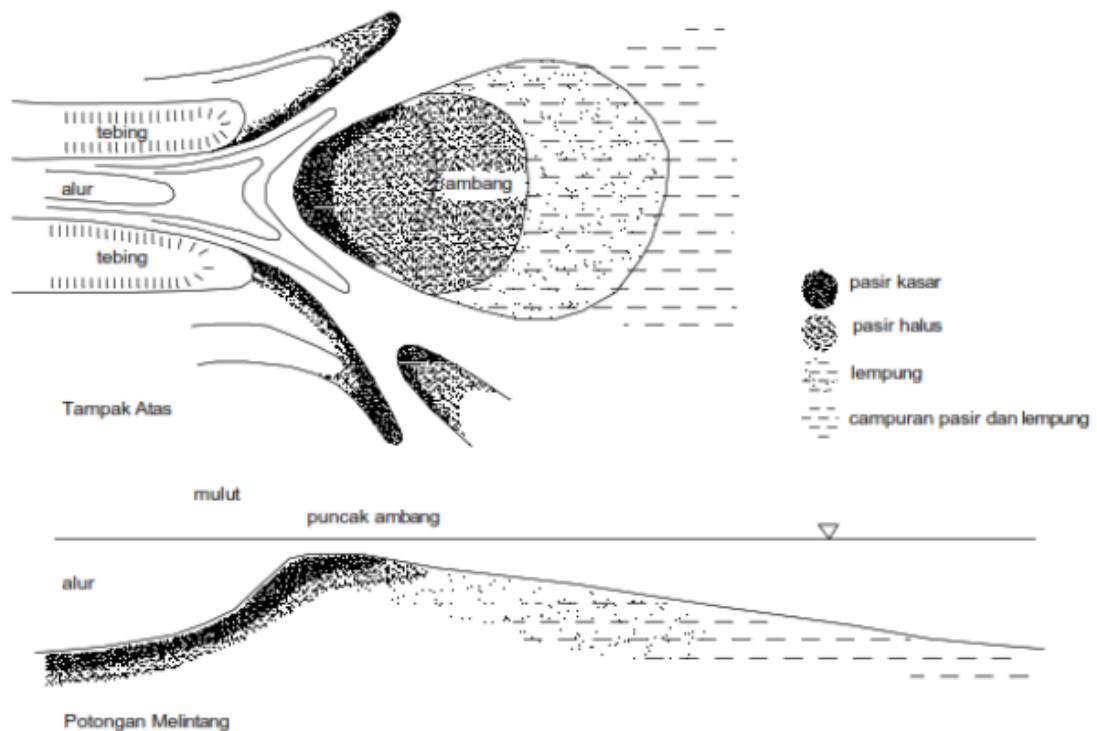
1

Tipe muara ini ditandai dengan debit sungai menyusur setiap tahunan cukup besar sehingga debit tersebut merupakan

parameter utama pembentukan muara sungai. Pola sedimentasi pada muara tipe ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Pendangkalan yang serius biasanya tidak terjadi pada tipe muara ini. Hal ini disebabkan aliran air sungai yang terjadi cukup besar sehingga mampu memelihara atau merawat kedalaman alur sungai. Jika aliran sungai cukup banyak membawa material sedimen, garis pantai akan cepat maju dan membentuk tanjung.

Pendangkalan biasanya terjadi tidak pada alur sungai, tetapi terjadi pada pantai di depan muara tersebut. Di depan muara mungkin terjadi beberapa alur sungai yang akan berubah pada setiap musim sesuai dengan arus laut dan angkutan pasir pada waktu itu. Hal ini sangat penting diperhatikan, terutama untuk keperluan navigasi.



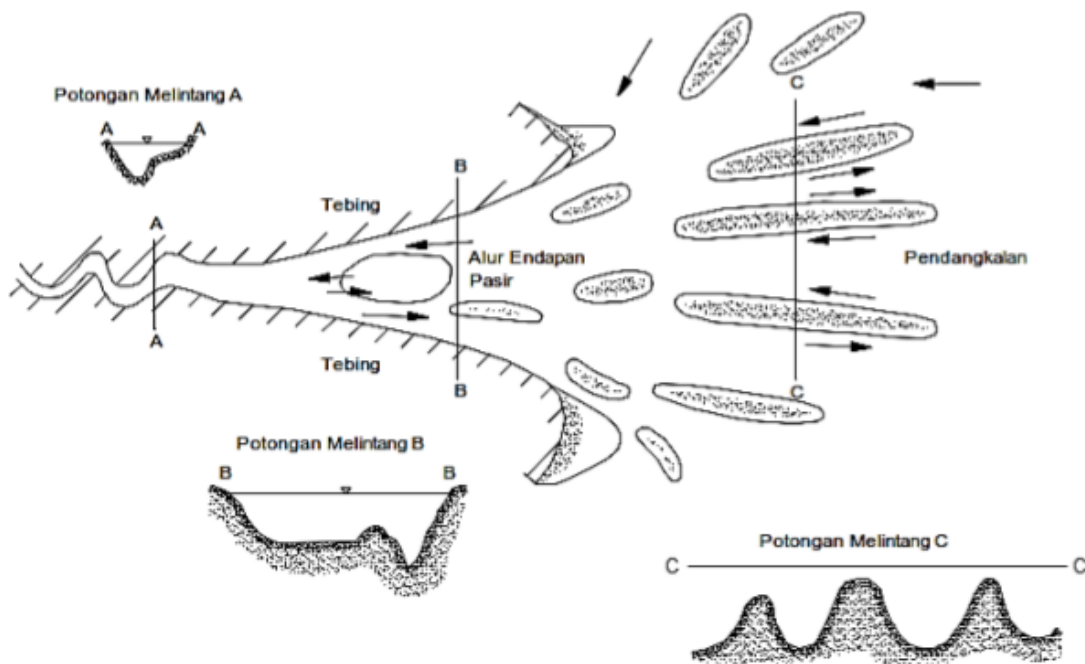
Gambar 2.10 Tipe Muara yang Didominasi Aliran Sungai

Sumber: (Davis, 1985)

2.2.3 Muara yang Didominasi Pasang Surut (*tide-dominated river mouth*)

1

Tipe muara ini ditandai dengan fluktuasi pasang surut yang cukup besar sehingga arus yang terjadi akibat pasang surut ini cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Pada tipe ini terjadi angkutan sedimen dua arah (arah laut dan arah darat). Muara biasanya berbentuk corong atau lonceng (*bell shape*) dengan beberapa alur dan pendangkalan seperti terlihat pada Gambar 2.11. Permasalahan utama pada tipe muara ini bukan penutupan muaranya, tetapi pendangkalan yang terjadi di muara sungai dapat mengganggu pelayaran atau navigasi.



Gambar 2.11 Tipe Muara yang Didominasi Pasang Surut

Sumber: (Davis, 1985)



2.3 Muara dan Permasalahannya

Muara adalah salah satu tempat yang sangat potensial sebagai gudang bahan pencemar (Syahminan, 1996) Muara sungai merupakan tempat bertemunya air laut dan air sungai yang memiliki peran ekologis terhadap kehidupan biota air. Daerah muara sungai yang cenderung lebih rendah menyebabkan lebih banyak sedimen yang mengendap di muara sungai.

2.3.1 Banjir

Provinsi Bali yang merupakan daerah tujuan pariwisata, memerlukan banyak fasilitas pendukung untuk melengkapi sarana dan prasarana penunjang pariwisata seperti hotel, restoran dan villa serta perumahan. Lahan yang berada di kawasan muara sungai di Bali saat ini sudah banyak yang beralih fungsi, terutama lahan-lahan pertanian yang berada di muara sungai Sowan, Kabupaten Jembrana. saat ini sudah banyak berubah dari lahan pertanian menjadi bangunan yang mendukung kegiatan pariwisata. Perubahan lahan di daerah aliran sungai (DAS) saat ini sangat berdampak pada banyaknya pengikisan/erosi di daerah hulu sampai ke hilir sungai. Potensi air di sungai saat musim hujan sangat berlimpah, air sungai mengalir menuju laut melalui muara sungai, sangat banyak terbuang sia-sia, sedangkan saat musim kemarau beberapa daerah di Provinsi Bali.

Kondisi lahan di daerah Muara Sungai Badung di Kota Denpasar yang mengalami perubahan tata guna lahan akhir-akhir ini memicu terjadinya sedimentasi/pendangkalan pada luas penampang



sungai dan juga memperbesar kapasitas debit yang masuk ke badan sungai sehingga akan memperbesar resiko terjadinya bencana banjir. Tukad Badung yang mengalir membelah Kota Denpasar, dengan luas DAS 52,497 km² dan panjang sungai 19,601 km dengan hulu sungai berada 12 km di sebelah utara Kota Denpasar dan bermuara di Teluk Benoa, merupakan sumber air yang penting bagi Kota Denpasar dan Kabupaten Badung bagian Selatan. Sungai ini memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai sumber air irigasi dan saluran pembuangan air bagi Kota Denpasar dan sebagian Kabupaten Badung, di sekitar alur sungai merupakan daerah pemukiman yang sangat padat sehingga sungai berfungsi sebagai saluran pembuangan. Kondisi ini akan menyebabkan badan sungai menjadi tempat pembuangan sampah, limbah rumah tangga dan limbah industri. Pada saat musim penghujan aliran sungai berasal dari limpasan curah hujan dan tirsan air buangan dari sawah sekitarnya. Pada saat musim kemarau aliran sungai relatif kecil yang bersumber dari aliran tirsan sawah sekitarnya dan air buangan rumah tangga (Badan Lingkungan Hidup, 2012).

Tukad Mati memiliki daerah aliran sungai (DAS) keseluruhan/ sampai muara seluas 39,43 km², dengan panjang sungai utama 22,49 km. Secara administratif, DAS Tukad Mati sebagian besar termasuk wilayah Kabupaten Badung dan sebagian kecil di wilayah Kota Denpasar.

Fungsi dan pemanfaatan Tukad Mati itu sendiri adalah sumber air untuk Irigasi, air baku maupun dan drainase perkotaan khususnya. Permasalahan yang terjadi di Tukad Mati antara lain:



- Di beberapa tempat, pemukiman lebih rendah dari tanggul sungai;
- Sedimentasi cukup tinggi dengan laju sedimentasi 3.5 jt m³/th sehingga mengurangi kapasitas sungai;
- Alih fungsi lahan di bagian hulu sehingga akan mengurangi daya resap tanah;
- Tidak terdapat jalur untuk melakukan pemeliharaan sungai karena telah padat dengan perumahan;
- Banyak sampah mengakibatkan sungai tercemar.

Balai Wilayah Sungai Bali-Penida membangun sarana dan prasarana pengendali banjir Tukad mati untuk mengatasi banjir yang terjadi di Kawasan Basangkasa, Kunti dan sekitarnya, Dewi Sri, Br. Temacun, serta Karika Plaza, dan Gunung Payung (Sisda Bali, 2020).

2.3.2 Pencemaran Air

Muara tukad Kalibukbuk di Pantai Lovina, Buleleng, Bali, tampak keruh akibat airnya tergenang dan dipenuhi sampah-sampah plastik hingga limbah. Limbah yang mengotori muara tukad ini diduga berasal dari restoran dan hotel yang ada di sekitar pantai. Sehingga air di tukad terlihat menghitam. Airnya yang keruh dan menggenang menjadikannya tempat sarang nyamuk. Banyak jentik-jentik yang berkembang biak di genangan air itu. Kondisi ini memperkumuh pantai yang menjadi tujuan wisata wisatawan mancanegara (wisman) dari berbagai negara di dunia. Sumber masalah sampah di tukad berada di hulu, warga di dataran atas membuang sampah dan akhirnya mengalir dan bermuara di Pantai Lovina (Wicaksono, 2015).



16

2.3.3 Alih Fungsi Lahan

16 Lahan yang berada di kawasan muara sungai di Bali saat ini sudah banyak yang beralih fungsi, terutama lahan-lahan pertanian yang berada di muara sungai Sowan, Kabupaten Jembrana dan di muara Sungai Badung yang berada di Kota Denpasar. Saat ini sudah banyak berubah dari lahan pertanian menjadi bangunan yang mendukung kegiatan pariwisata seperti perumahan, hotel dan restouran.

2.3.4 Sedimentasi

Semakin intensifnya kegiatan pemanfaatan wilayah pantai dan muara sungai dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan, prasarana dan sebagainya, yang selanjutnya akan mengakibatkan munculnya permasalahan baru; yaitu mundurnya garis pantai, tanah yang timbul akibat endapan pantai yang dapat mengakibatkan majunya garis pantai, pembelokan atau pendangkalan muara yang dapat menyumbat aliran sungai, pencemaran dan instrusi air laut. Adapun permasalahan yang sering dijumpai di daerah muara sungai kecil adalah pendangkalan akibat proses sedimentasi. Apabila proses ini terjadi secara terus menerus tanpa adanya suatu penanganan maka lambat laun muara akan tertutup sedimen sehingga dapat menghambat aliran sungai dan menaikkan muka air di hulu muara.

Beberapa muara sungai di Bali mengalami sedimentasi yang menyebabkan permasalahan seperti di Muara Sungai Ayung. Luapan di muara sungai Ayung pernah terjadi pada tahun 2013 (Eryani and Nurhamidah, 2020).



Gambar 2.12 Luapan di Muara Sungai Ayung pada 2013

Sumber: (Eryani and Nurhamidah, 2020)

Sedimentasi yang terjadi di muara Sungai Ayung berupa yang menutupi muara sungai, pengendapan ini terjadi sebagai akibat dari pengaruh gelombang dominan yang berasal dari timur, tenggara dan selatan serta terkikisnya sedimen dari hulu sungai. Sungai Ayung hilir dan lokasi wisata terdekat seperti Pura Campuhan Windhu Segara dan Pantai Tangtu digunakan selain sebagai lokasi rekreasi pariwisata juga digunakan untuk acara keagamaan bagi masyarakat sekitar.



Gambar 2.13 Sedimentasi di Muara Sungai Ayung

Sumber: (Eryani and Nurhamidah, 2020)

2.4 Kriteria Pemilihan Perbaikan Muara Sungai

Karena sangat banyak muara sungai di Indonesia yang bermasalah, dalam usaha memperbaiki kondisi muara tersebut haruslah dipilih muara sungai yang mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi. Di bawah ini diberikan pedoman untuk menentukan pemilihan proyek perbaikan muara sungai, yaitu dengan memberikan urutan prioritas terhadap muara yang mempunyai kriteria sebagai berikut.

- 1) Muara sungai yang bagian hulunya merupakan daerah yang nilainya cukup tinggi dan perlu dilindungi dari ancaman banjir, misalnya daerah industri dan daerah permukiman yang padat;
- 2) Muara sungai yang dipergunakan untuk keperluan pelayaran, baik untuk keperluan niaga maupun untuk keperluan perikanan;
- 3) Muara sungai yang bagian hulunya mempunyai potensi yang besar untuk pertanian dan pertambakan sehingga diperlukan adanya kelancaran aliran air di sungai tersebut;
- 4) Muara sungai yang selalu berpindah-pindah dan merusak daerah sekitar yang telah dikembangkan menjadi daerah pariwisata atau daerah industri.

Dalam menentukan langkah-langkah perbaikan muara sungai, perlu dipertimbangkan cara yang paling tepat dan yang paling ekonomis. Dalam kaitannya dengan desain bangunan jeti, yang sangat menentukan dalam penentuan biaya adalah jenis konstruksi jeti dan panjang jeti. Oleh karena itu, agar biaya pembuatan jeti dapat ditekan,



perlu ditetapkan dengan jelas fungsi bangunan jeti yang akan dibuat tersebut. Dengan demikian, panjang jeti dapat disesuaikan dengan maksud tersebut. Sebagai contoh, untuk keperluan stabilisasi muara sungai, tidak perlu dibangun jeti yang panjang. Pembuatan bangunan jeti yang terlalu panjang justru dapat menimbulkan permasalahan di tempat yang lain dan hal ini perlu dihindarkan. Di samping itu, perlu ditekankan bahwa ada jenis konstruksi tertentu yang biaya pembangunannya murah, tetapi biaya perawatannya tinggi sehingga perlu dipertimbangkan dalam desainnya.

2.5 Kriteria Stabilitas Muara Sungai

Stabilitas muara menurut Per Bruun (1973) merupakan refleksi dari perbandingan volume prisma pasang surut (P) dibagi dengan volume angkutan sedimen menyusur pantai (S). Nilai tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Bruun, 1973).

- $P/S \geq 150$: Kondisi muara baik, terdapat sedikit tumpukan pasir dan penggelontoran baik.
- $100 \leq P/S < 150$: Kondisi muara kurang baik, formasi tumpukan pasir terlihat di mulut sungai.
- $50 \leq P/S < 100$: Tumpukan pasir membesar, tetapi alur muara masih dapat menerobos tumpukan pasir.
- $20 \leq P/S < 50$: Mulut muara sudah dipenuhi tumpukan pasir, tetapi muara



masih berfungsi karena adanya aliran air tawar dari sungai.

- $P/S < 20$: Mulut muara sudah tidak stabil sama sekali.

2.6 Tingkat Kerusakan dan Bobot

Dengan dana yang relatif terbatas, sementara permasalahan yang dihadapi cukup banyak, usaha penanggulangan dilakukan secara bertahap. Untuk prioritas penanganannya, perlu dilakukan pembobotan. Tingkat kerusakan dan tingkat kepentingan diberi bobot antara 20 sampai dengan 100. Berikut ini penjelasan mengenai penentuan bobot dalam permasalahan penutupan mulut muara.

- 1) Penentuan bobot dalam permasalahan penutupan mulut muara yang mengakibatkan kesulitan lalu lintas perahu nelayan dipengaruhi oleh:
 - Lamanya penutupan yang mengganggu kegiatan nelayan, disajikan pada Tabel 2.1.
 - Jumlah nelayan yang terganggu, disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Tingkat Kerusakan dan Bobot Pada Lama Penutupan

Lama penutupan (bulan)	Tingkat kerusakan	Bobot
0 – 1	Ringan	20
1 – 2	Sedang	40
2 – 3	Berat	60
3 – 6	Sangat Berat	80
> 6	Amat Sangat Berat	100

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)



Tabel 2.2 Tingkat Kerusakan dan Bobot pada Jumlah Nelayan yang Terganggu

Jumlah nelayan (orang)	Tingkat kerusakan	Bobot
< 100	Ringan	20
100 - 200	Sedang	40
200 – 300	Berat	60
300 - 400	Sangat berat	80
> 400	Amat sangat berat	100

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

- 2) Penentuan bobot dalam permasalahan penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir dan penggenangan pada daerah rendah dipengaruhi oleh:
- Lamanya penggenangan, disajikan pada Tabel 2.3,
 - Luas areal yang tergenang, disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Bobot pada Lama Genangan

Lama genangan (hari)	Tingkat kerusakan	Bobot
0 – 1	Ringan	20
1 - 3	Sedang	40
3 - 5	Berat	60
5 - 7	Sangat berat	80
> 7	Amat sangat berat	100

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)



Tabel 2.4 Bobot Pada Luas Genangan

Luas genangan (ha)	Tingkat kerusakan	Bobot
0 - 500	Ringan	20
500 – 1.000	Sedang	40
1.000 – 5.000	Berat	60
5.000 – 10.000	Sangat berat	80
> 10.000	Amat sangat berat	100

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

- 3) Dalam penentuan bobot, tingkat kepentingan juga merupakan faktor yang sangat menentukan. Penentuan bobot tingkat kepentingan pada kerusakan muara disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Bobot pada Tingkat Kepentingan Akibat Penutupan Mulut Muara

No.	Tingkat kepentingan	Bobot
1	Penggenangan kota/jalan raya/jalan kereta api	100
2	Penggenangan desa /permukiman	80
3	Penggenangan sawah/tambak produktif	60
4	Penggenangan sawah/tambak tidak produktif	40
5	Penggenangan rawa tidak produktif	20
6	Gangguan terhadap nelayan	80

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

Penentuan bobot untuk menentukan prioritas penanganan dilakukan pada sungai-sungai bermasalah di seluruh Indonesia. Berikut ini disajikan contoh perhitungan untuk menentukan bobot kerusakan muara.

Lokasi : Muara Eretan



Permasalahan : Penutupan muara yang mengganggu lalu lintas nelayan dengan bobot pada tingkat kepentingan = 80.

Jumlah nelayan : 600, tingkat kerusakan sangat berat dengan bobot = 100.

Lama penutupan : 3 bulan, tingkat kerusakan sangat berat dengan bobot = 80.

Jumlah total bobot = $80 + 100 + 80 = 260$.

Penentuan prioritas didasarkan pada urutan besarnya bobot hasil perhitungan.





BAB 3

PENATAAN MUARA SUNGAI

3.1 Pentingnya Penataan Muara Sungai

Muara sungai menjadi tempat yang sangat menarik karena memiliki banyak potensi. Tidak hanya sebagai habitat flora fauna tertentu, tetapi juga menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat yang tinggal di kawasan muara. Muara sungai merupakan tempat bertemunya antara air sungai dengan air laut dan merupakan bagian paling hilir dari sungai. Ekosistem muara biasa juga disebut dengan ekosistem estuari atau perairan estuari dimana, muara merupakan pencampuran air tawar dan air laut. Akan tetapi daerah muara ini seringkali mengalami permasalahan-permasalahan seperti sedimentasi, masalah pencemaran serta degradasi lainnya. Oleh sebab itu untuk menjaga kelestarian dan keberlanjutan potensi muara sungai maka sangat penting untuk melakukan penataan kawasan muara sungai. Penataan muara sungai dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti normalisasi, pengerukan dan lain sebagainya.

3.2 Normalisasi

Normalisasi sungai adalah kegiatan yang bertujuan untuk melewati debit banjir rencana (Q_{desain}) secara aman dengan jalan mengecek kapasitas sungai dan melakukan pelurusan alur sungai yang disertai dengan perkuatan tebing dan stabilisasi dasar sungai, sehingga tidak terjadi limpasan/luapan (Chendratama *et al.*, 2010).



9

Debit banjir rencana merupakan debit rencana di sungai atau di saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan diperoleh dari analisis data hidrologi. Penanganan banjir dengan cara normalisasi dilakukan pada penampang sungai yang kapasitasnya sudah tidak memenuhi terhadap debit banjir yang melewati. Normalisasi yang akan dilakukan tergantung dari bentuk penampangnya. Perhitungan penampang disesuaikan dengan debit banjir rencana atau Q_{desain} yang kemudian dapat ditemukan dimensi penampang desain yang mampu menampung debit banjir rencana. Dimensi saluran yang akan ditentukan adalah lebar, tinggi penampang basah, kemiringan, dan tinggi jagaan.

3.3 Pengerukan (Dredging)

7

Sedimentasi menjadi permasalahan yang kerap terjadi diberbagai sungai. Seringkali sedimentasi menjadi awal permasalahan lainnya, seperti banjir, dan pengairan yang terhambat. Permasalahan sedimentasi kerap muncul pada sungai yang terletak di dataran rendah, dimana kemiringan dasar saluran rendah sehingga mengakibatkan kecepatan aliran rendah. Pada kondisi ini kecepatan aliran tidak cukup besar untuk menggelontor sedimen, sehingga besar kemungkinan akan terjadi endapan yang berpotensi pada pendangkalan. Kawasan muara dari suatu sungai adalah yang paling rawan terhadap masalah ini. Letaknya yang berada berdekatan dengan garis pantai membuat aliran menjadi sangat lambat, kemudian faktor air pasang juga akan menambah besar kemungkinan

terjadi pengendapan di muara. Penggelontoran sedimen dapat dilaksanakan apabila kecepatan aliran cukup untuk mengimbangi gaya gravitasi. Oleh karena itu pada muara yang kecepatannya lambat, perlu dilakukan usaha untuk menaikkan kecepatan aliran agar mampu menggelontor sedimen. Meningkatkan kecepatan aliran dapat dilakukan dengan memperkecil luas penampang secara terbatas. Pengerukan sungai sudah kerap kali dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini.

Pengerukan adalah suatu proses penggalian dan penimbunan tanah baik itu di darat maupun di laut. Pekerjaan pengerukan dilaksanakan karena adanya sedimentasi setiap saat yang akan berakibat pada berkurangnya kedalaman suatu tempat seperti halnya berkurangnya kedalaman di alur pelabuhan. Dalam melaksanakan pengerukan sebelumnya dilaksanakan perhitungan volume, untuk merencanakan cara kerja serta efektifitas pekerjaan yang dilaksanakan. Dalam perhitungan volume ini, digunakan beberapa parameter yang mempengaruhi dalam penentuan pelaksanaan pengerukan (Zulkarnain *et al.*, 2016).

1 3.3.1 Tipe – Tipe Pengerukan

Menurut Eisma (2006) secara garis besar pengerukan dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

- Pengerukan Awal (Capital Dredging)

Capital dredging dilakukan pada tipe tanah yang telah lama mengendap. Pengerukan jenis ini biasanya digunakan dalam



pengerjaan pelabuhan, alur pelayaran, waduk, atau area yang akan digunakan sebagai industri.

- **Pengerukan Perawatan (Maintenance Dredging)**

Maintenance dredging dilakukan pada tipe tanah yang belum lama mengendap. Pengerukan ini dilakukan untuk membersihkan siltation yang terjadi secara alami. Pengerukan ini biasanya diterapkan pada perawatan alur pelayaran dan pelabuhan.

- **Pengerukan Ulang (Remedial Dredging)**

Remedial dredging dilakukan pada wilayah yang telah dikeruk namun mengalami kesalahan. Kesalahan ini biasanya berupa kesalahan kedalaman pengerukan (Eisma, 2006).

1

3.3.2 Proses Pengerukan

Menurut Bray dan Cohen (2010) pada umumnya proses pengerukan dilakukan dalam 4 tahapan yaitu:

- Penggalian (Excavation)
- Transport Vertikal (Vertical Transport)
- Transport Horizontal (Horizontal Transport)
- Pembuangan atau penggunaan material kerukan

1

3.3.3 Tujuan Pengerukan

Tujuan pengerukan menurut Bray dan Cohen (2010) meliputi:

- Pelayaran: Untuk membuat atau memperpanjang pelabuhan, untuk memelihara perluasan, perbaikan sarana lalu lintas laut pelabuhan.



- **Konstruksi dan Reklamasi:** Untuk mendapatkan material bangunan seperti pasir, kerikil, dan tanah liat atau untuk menimbun lahan (dengan material kerukan) sebagai tempat membangun daerah industri, pemukiman, jalan dan lainnya.
- **Perbaikan Lingkungan:** Untuk menghilangkan atau memulihkan polutan pada saluran air dan meningkatkan kualitas air.
- **Pengendali Banjir:** Untuk memperbaiki atau memperlancar aliran sungai dengan memperdalam dasar sungai.
- **Pertambangan:** Untuk memperoleh bahan-bahan tambang seperti mineral dan lainnya (Bray and Cohen, 2010).

3.4 Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus dipantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mencegah penutupan muara dan mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen. Pada tahapan awal desain detail, pemilihan tipe bangunan jetty perlu dilakukan dengan mempertimbangkan:

- Kondisi hidro-oseanografi (iklim gelombang, pasang surut, arus laut dan banjir sungai),
- Angkutan sedimen,
- Kondisi tanah fondasi,
- Bahan bangunan yang tersedia,



- Akses ke lokasi pekerjaan,
- Kemampuan kontraktor pelaksana.

3.4.1 Tipe Bangunan Jetty

Tipe bangunan *training* jetty yang dipergunakan untuk perbaikan muara sangat bermacam-macam dan perlu disesuaikan dengan kondisi setempat. Berdasarkan pengalaman dan studi literatur, bangunan jetty dapat dibedakan menjadi enam tipe, yaitu:

- Susunan tumpukan batu (*rubble mound wall*)
- Susunan bronjong (*gabion wall*)
- Susunan turap baja kantilever (*cantilevered steel sheet wall*)
- Susunan turap baja (*cellular steel sheet pile wall*)
- Susunan kaison beton (*concrete caisson wall*)
- Susunan pipa beton bulat

3.4.2 Jetty Tipe *Rubble Mound*

Lapisan luar/pelindung bangunan tipe *rubble mound* dikenal dengan armor. Armor dapat terdiri atas tumpukan batu atau tumpukan blok-blok beton. Dinding tumpukan batu ialah bentuk yang paling banyak dipakai dalam struktur bangunan yang menjorok ke laut, seperti halnya bangunan jetty, groin, dan pemecah gelombang. Batu pecah atau batu besar (*boulder*) dalam berbagai ukuran dan bentuk dapat dibuat konstruksi dinding dengan dituang secara acak ataupun diatur dengan rapi. Kemiringan sisi bangunan (dinding tumpukan batu) dan ukuran batu lapis lindung ditentukan

berdasarkan tinggi gelombang rencana. Jika batu dengan ukuran tersebut tidak terdapat di sekitar lokasi pekerjaan dalam jarak yang ekonomis atau ukuran batu yang diperlukan terlalu besar sehingga sulit untuk mendapatkannya, dapat dipergunakan batu buatan dari konstruksi beton yang direncanakan khusus untuk keperluan tersebut.

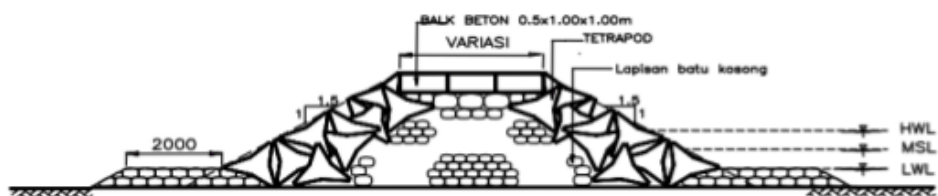
Tipikal rencana tampang lintang bangunan jetty dari tumpukan batu disajikan pada Gambar 3.1. Konstruksi dinding batu ini layak (*feasible*) dipergunakan dalam berbagai kondisi tanah dasar, kedalaman, dan iklim gelombang. Keuntungan utama dari struktur ini adalah

- fleksibilitas konstruksi untuk menyesuaikan bentuk akibat adanya penurunan fondasi akibat konsolidasi struktur tanah dasar, atau akibat adanya gerusan pada fondasi;
- kerusakan struktur dapat diperbaiki dengan mudah, sebagai contoh elevasi mercu bangunan dapat dikembalikan ke elevasi rencana dengan penambahan material;
- karena porositasnya yang cukup besar dan permukaan struktur yang sangat kasar, konstruksi ini dapat menyerap dan mematahkan energi gelombang dan tidak merefleksikannya.

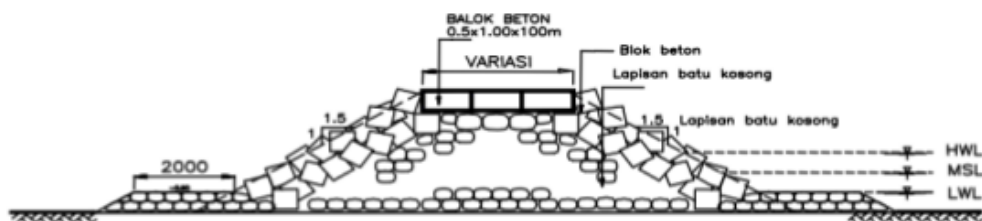
Meskipun struktur bangunan ini dibuat dari material yang relatif murah, tetapi membutuhkan volume material yang besar sehingga harga konstruksinya mahal. Demikian pula jika porositasnya

terlalu besar, dapat mengakibatkan penyaluran energi gelombang lewat pori-pori bangunan tersebut. Keadaan yang demikian ini dapat menyebabkan terbawanya (tercucinya) material halus yang berada di bawah konstruksi yang pada akhirnya dapat merusak bangunan.

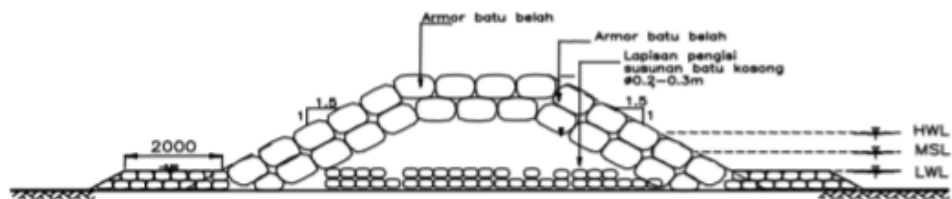
Armor dari blok-blok beton antara lain dapat berbentuk kubus, tetrapod, hexapod, quadripod, dan dolos. Blok-blok beton ini mempunyai koefisien kestabilan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan batu. Jika armor dari batu dengan diameter besar sulit diperoleh, sebagai penggantinya dapat dibuat dari blok-blok beton.



a. Armor dari tetrapod



b. Armor dari kubus beton



c. Armor dari batu belah

Gambar 3.1 Konstruksi Tipe *Rubble*

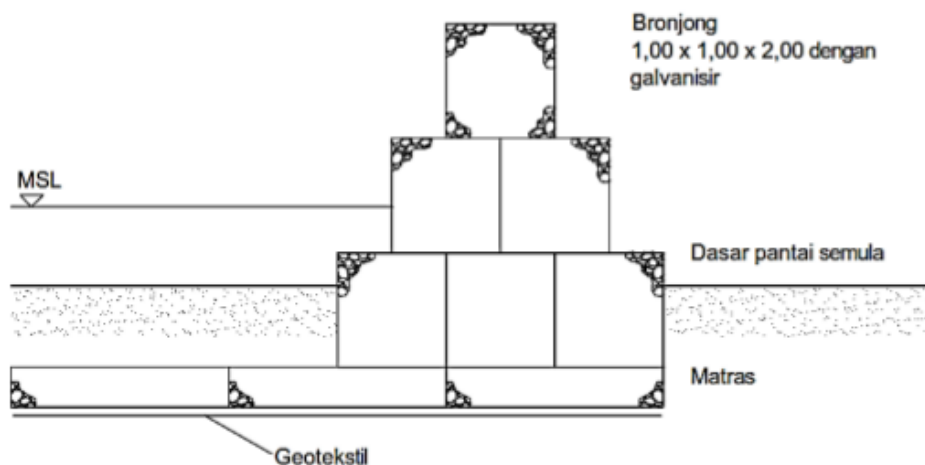
Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)



3.4.3 Jetty Dari Susunan Bronjong

Susunan bronjong sangat populer untuk pekerjaan yang sifatnya cepat dan mendesak. Konstruksi ini sering dipergunakan untuk perlindungan tebing sungai yang terancam erosi dan masih relatif jarang dipergunakan untuk keperluan bangunan maritim karena kawat pembungkus batu mudah mengalami korosi jika berada dalam air laut. Untuk mengurangi atau memperpanjang umur ekonomis bangunan dari dinding bronjong, perlu dilakukan pemilihan material yang tahan korosi, misalnya dengan menggunakan kawat yang dilapisi bahan antikorosi (misalnya PVC).

Tipikal tampang lintang bangunan jetty dari konstruksi bronjong dapat dilihat pada Gambar 3.2. Lapisan matras yang terdapat pada bagian bawah struktur berguna untuk meratakan tekanan dan berfungsi sebagai konstruksi pelindung kaki.



Gambar 3.2 Konstruksi Tipe Bronjong

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)



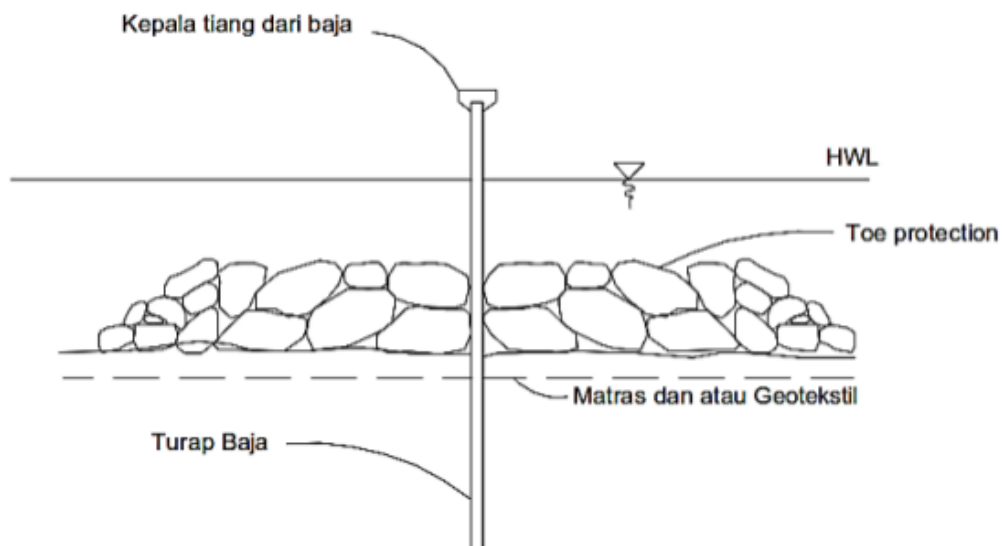
Keuntungan struktur susunan bronjong sama dengan struktur tumpukan batu. Selain itu, batu yang digunakan berukuran lebih kecil. Namun, dari pengamatan di lapangan, ada beberapa kelemahan dari konstruksi ini, di antaranya adalah:

- lapisan PVC (atau lapisan tahan korosi) sering rusak sehingga menimbulkan korosi;
- belum ada rumus perhitungan untuk desain bronjong, terutama yang berkaitan dengan perhitungan gaya yang bekerja pada kawat akibat gelombang sehingga ukuran kawat yang tepat sulit ditentukan.

Struktur bagian kepala umumnya mengalami kerusakan lebih parah karena, selain adanya korosi, juga terjadinya perubahan formasi bronjong yang disebabkan oleh hempasan gelombang. Untuk menghindari kerusakan pada bagian kepala, kepala jetty dapat dibuat dengan tipe *rubble mound* dengan armor dari susunan batu atau blok beton.

3.4.4 Turap Baja Kantilever

Tipikal tampang lintang dari turap baja kantilever dapat dilihat pada Gambar 3.3. Agar konstruksi cukup stabil terhadap hempasan gelombang, turap baja harus dipancang hingga mencapai tanah fondasi yang cukup baik. Untuk menghindari kerusakan fondasi akibat gerakan struktur (yang disebabkan oleh gelombang), tanah fondasi perlu diberi lapisan batu (*toe protection*). Lapisan ini dapat pula berfungsi sebagai lapis lindung terhadap gerusan.



Gambar 3.3 Konstruksi Turap Baja Kantilever

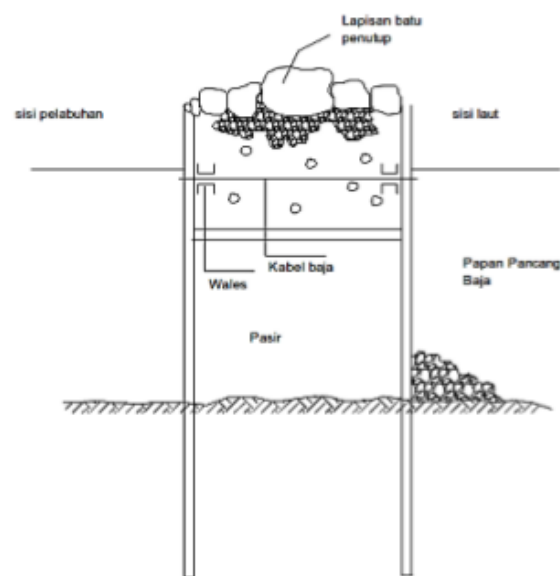
Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.4.5 Turap Baja Berongga

Konstruksi turap baja berongga merupakan konstruksi turap dengan dua dinding dan merupakan perbaikan dari konstruksi turap baja kantilever. Konstruksi ini dapat dipergunakan pada gelombang yang lebih besar dan getaran akibat gempuran gelombang pada struktur dapat dikurangi. Kelemahan utama yang masih terdapat pada konstruksi ini ialah bahan yang terbuat dari besi mudah terkorosi sehingga umur ekonomis bangunan masih relatif pendek. Kelemahan ini dapat dihindari dengan pemakaian turap dari bahan beton bertulang, hanya biaya konstruksi dan pelaksanaannya akan lebih mahal.

Tipikal tampang lintang dari turap baja berongga dapat dilihat pada Gambar 3.4. Kedua dinding (yang berupa turap) pada konstruksi tersebut dihubungkan agar bangunan tersebut menjadi satu kesatuan

dan bentuknya dapat dipertahankan sesuai dengan rencana. Rongga di antara dinding biasanya diisi dengan material pasir tanah liat ataupun batu. Setelah itu, ditutup dengan beton penutup (concrete cap). Kelemahan konstruksi ini jika dibandingkan dengan susunan tumpukan batu hanyalah pada luas fondasi bangunan yang lebih sempit sehingga membutuhkan kualitas tanah dasar yang lebih baik. Perlu dicatat disini bahwa konstruksi ini tidak dapat meredam energi gelombang sehingga gelombang yang menghantam dinding akan dipantulkan dan dapat menyebabkan kerusakan di tempat lain.



Gambar 3.4 Konstruksi Turap Baja (*Flexible Structure*)

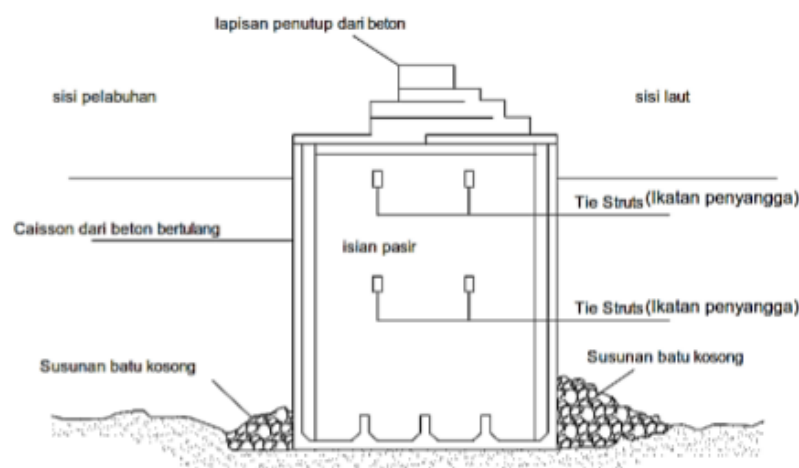
Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.4.6 Kaison Beton

Konstruksi dinding kaison beton adalah konstruksi dinding yang terbuat dari beberapa individu kaison. Kaison terbuat dari beton

bertulang (kotak yang terbuat dari beton bertulang). Kotak-kotak beton tersebut dibuat di darat, lalu diapungkan ke lokasi pekerjaan, kemudian ditenggelamkan pada posisi yang telah ditentukan dengan cara memasukkan air lewat lubang yang telah disediakan. Setelah itu, kotak tersebut diisi material (batu atau pasir) dan ditutup dengan beton penutup (concrete cap).

Tipikal tampang lintang dinding kaison dapat dilihat pada Gambar 3.5. Konstruksi ini hampir sama dengan dinding turap baja berongga, tetapi membutuhkan persyaratan fondasi yang lebih baik. Untuk desain konstruksi ini, perlu dilakukan analisis fondasi yang cermat, karena jika terjadi kerusakan akan sulit diperbaiki. Seperti halnya pada dinding turap baja, gelombang yang menghantam struktur akan dipantulkan lagi sehingga dapat membahayakan tempat lain atau mengganggu lalu lintas kapal nelayan.



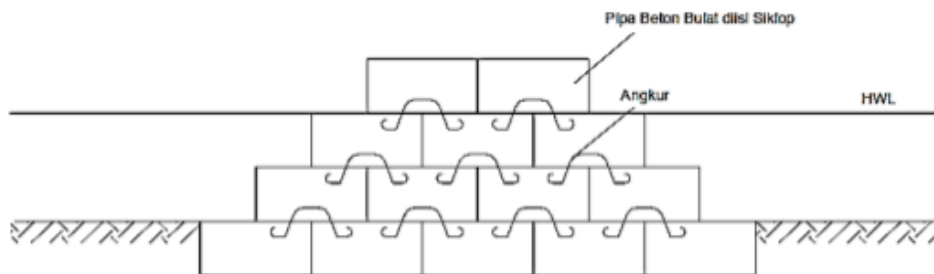
Gambar 3.5 Konstruksi Kaison Beton

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)



3.4.7 Susunan Pipa Beton Bulat

Pipa beton bulat dapat dipergunakan sebagai unit-unit untuk pembuatan struktur jetty. Unit-unit pipa beton disusun seperti terlihat pada Gambar 3.6. Pipa beton diisi syklop. Agar menjadi satu kesatuan yang kokoh, antara unit yang satu dengan unit lainnya diikat dengan angkur. Dengan struktur yang relatif masif, akan terjadi refleksi gelombang yang menyebabkan terjadinya erosi pada kaki struktur, terutama pada bagian kepala. Untuk mencegah terjadinya kerusakan akibat erosi ini, di depan kaki struktur perlu dipasang pelindung kaki dari susunan batu kosong.



Gambar 3.6 Susunan Pipa Beton Bulat

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.4.8 Perbandingan Beberapa Konstruksi Jetty

Tabel 3.1 memberikan gambaran mengenai keunggulan dan kelemahan tiap-tiap konstruksi untuk memilih tipe bangunan jetty pada suatu pekerjaan perbaikan muara sungai. Tabel tersebut dibuat secara kualitatif berdasarkan keadaan muara sungai di Indonesia pada umumnya, yaitu tanah dasar lunak/berpasir dan bagian kanan/kiri muara merupakan tanah dataran yang rendah.



Tabel 3.1 Matriks Perbandingan antara Bangunan Jetty dari Tumpukan Batu, Beronjong, dan Turap Baja

No	Hal yang Ditinjau	Tumpukan batu	Bronjong	Turap baja	Kaison beton	Susunan pipa beton
1	Berat struktur per unit	**	***	***	**	**
2	Ketahanan terhadap cuaca / gaya kejut / umur ekonomis	***	*	**	**	**
3	Kemampuan penyesuaian terhadap fondasi	***	***	**	*	*
4	Kemudahan mendapatkan bahan	**	***	**	**	**
5	Macam kerusakan struktur	***	*	**	*	*
6	Perawatan	***	*	*	*	*
7	Pelaksanaan	***	***	***	**	**
8	Tinggi gelombang rencana	***	**	**	**	**
9	Harga material	0	0	0	0	0
10	Tinggi run-up dan refleksi gelombang	***	**	*	*	*

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)





BAB 4

PENGELOLAAN POTENSI AIR MUARA

4.1 Kualitas air muara

3

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditoleransi keberadaannya di dalam air, sedangkan kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Klasifikasi dan kriteria mutu air mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang menetapkan mutu air ke dalam empat kelas, yaitu:

1. Kelas satu, peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana kegiatan rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang



mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Kelas empat, peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Peraturan Pemerintah, 2001).

Pembagian kelas ini didasarkan pada tingkatan baiknya mutu air berdasarkan kemungkinan penggunaannya bagi suatu peruntukan air. Peruntukan lain yang dimaksud dalam kriteria kelas air di atas, misalnya kegunaan air untuk proses produksi dan pembangkit tenaga listrik, asalkan kegunaan tersebut dapat menggunakan air sebagaimana kriteria mutu air dari kelas yang dimaksud.

4.1.1 Pengelolaan Kualitas Air

Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas yang diinginkan sesuai fungsi peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Penggunaan teknologi pengelolaan air dapat dilihat berdasarkan:

1. Kualitas Air :
 - a. Siklus air di alam
 - b. Baku mutu lingkungan hidup



- c. Klasifikasi dan kriteria mutu air (kondisi fisika-kimia-biologis air)
- d. Kontrol polusi air
- 2. Sistem pengolahan air :
 - a. Tahap pengolahan air tawar
 - b. Problem dalam unit pengolahan air

Ada beberapa teknologi yang dipakai untuk pengelolaan kualitas air, misalnya:

- 1. Manipulasi kondisi air kultur

Parameter fisika-kimia kultur (kimia: kandungan oksigen terlarut, kandungan H_2S , NH_3 , tingkat keasaman (pH); fisika: salinitas, turbiditas/kekeruhan air, filtrasi, sterilisasi). Parameter biologis kultur (parameter dan pengukuran kualitas biologis air, bakteri nitrifikasi (isolasi, substrat, etc), probiotik, bio-flok, perifiton, pakan alami dan aplikasi).

- 2. Teknologi pengelolaan kualitas air

Teknologi sistem resirkulasi, *zero-water discharge*

4.1.2 Pengendalian Mutu Air

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Sedangkan Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Kriteria mutu air adalah tolak ukur mutu air untuk setiap kelas air.



Langkah – langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- Melakukan upaya untuk memperkecil rasio debit sungai saat hujan dan saat kemarau.
- Revitalisasi saluran irigasi untuk meningkatkan efesiensi saluran
- Memulihkan/mempertahankan kapasitas tampung waduk, sehingga saat dibutuhkan, waduk mampu mensuplai air untuk masing – masing kebutuhan.
- Memulihkan/mempertahankan dan melindungi kapasitas bangunan bagi (bendung), sungai sebagai saluran pembawa, dan jaringan perpipaan.
- Mengupayakan penambahan waduk, embung dan atau bendung untuk meningkatkan kemampuan jejaring tata air dalam memanfaatkan air hujan dan permukaan.
- Melakukan kegiatan yang dapat meningkatkan kesempatan air hujan meresap kedalam tanah, antara lain perlindungan terhadap daerah resapan dan daerah tangkapan air.
- Peningkatan manajemen operasional pengelolaan SDA. Pendayagunaan SDA berorientasi kebutuhan.

4.2 Penggunaan Potensi Air Muara Sungai

15

Air merupakan sumber kehidupan bagi manusia dan mahluk hidup lainnya. Sifat air sangat berbeda dibandingkan dengan sumber daya lainnya, sebab air merupakan sumber daya yang mengalir (flowing resources), tidak mengenal batas administrasi, dan



dibutuhkan sangat tergantung pada waktu, ruang, jumlah dan mutu. Permasalahan air secara garis besar dapat dibagi dalam tiga katagori yaitu: terlalu banyak air (too much), umumnya terjadi pada musim hujan, dan kerap menyebabkan bencana banjir. Air terlalu kotor (too dirty), yaitu pencemaran air, banyak terjadi akibat limbah industry, rumah tangga dan pertanian. Air terlalu sedikit (too little), kekurangan air ini kerap menimbulkan defisit air di musim kemarau. Potensi air adalah ketersediaan air dari kuantitas dan kualitas air, dalam pengertian sumberdaya air pada dasarnya air berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan, dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai atau Wilayah Sungai sebagian menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian mengalir melalui permukaan dan sub permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau, dan sebagian lagi meresap jatuh ke tanah sebagai sebuah imbuhan (recharge) pada kandungan air tanah yang ada. Aliran yang terukur di sungai sampai di muara atau saluran maupun danau merupakan potensi debit air permukaan yang mempunyai potensi paling besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber air permukaan dalam bentuk air di sungai, saluran, danau/waduk dan lainnya.

Pengelolaan sumber daya air, menurut teori Sunaryo dan Walujo (2004) adalah mewujudkan kemanfaatan sumber daya air bagi kesejahteraan seluruh rakyat. Sementara misi pengelolaan sumber daya air adalah konservasi sumber daya air yang berkelanjutan, pendayagunaan sumber daya air yang adil untuk berbagai kebutuhan masyarakat yang memenuhi kualitas dan



kuantitas, pengendalian daya rusak air, pemberdayaan dan peningkatan peran masyarakat, swasta dan pemerintah dalam pengelolaan sumber daya air, peningkatan keterbukaan dan ketersediaan data dan informasi dalam pengelolaan sumber daya air (Sunaryo, Walujo and Harnanto, 2004).

4.2.1 Model Pengelolaan Potensi Air Muara

Pengelolaan DAS secara terpadu menuntut suatu manajemen terbuka yang menjamin keberlangsungan proses koordinasi antara lembaga terkait. Pendekatan terpadu juga memandang pentingnya peranan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan DAS, mulai dari perencanaan, perumusan kebijakan, pelaksanaan dan pemungutan manfaat. Awalnya perencanaan pengelolaan DAS lebih banyak dengan pendekatan pada faktor fisik dan bersifat sektoral. Namun sejak sepuluh tahun yang lalu telah dimulai dengan pendekatan holistik, yaitu dengan Rencana Pengelolaan DAS Terpadu.

Posisi DAS sebagai unit perencanaan yang utuh merupakan konsekuensi logis untuk menjaga kesinambungan pemanfaatan sumberdaya hutan, tanah dan air. Kurang tepatnya perencanaan dapat menimbulkan adanya degradasi DAS yang mengakibatkan buruk seperti yang dikemukakan di atas. Dalam upaya menciptakan pendekatan pengelolaan DAS secara terpadu, diperlukan perencanaan secara terpadu, menyeluruh, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dengan mempertimbangkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan. Dengan demikian bila ada bencana, apakah itu banjir maupun kekeringan, penanggulangannya dapat dilakukan

secara menyeluruh yang meliputi DAS mulai dari daerah hulu sampai hilir.

4.2.2 Konservasi Air di Hilir Sungai

Konservasi air di hilir sungai melalui pengelolaan yang efektif dan penggunaan yang efisien merupakan kegiatan sangat dibutuhkan dan mendesak. Pengelolaan air berdasarkan keberadaan lingkungan sungai sebagai sumber daya alam adalah merupakan bagian dari program konservasi air yang secara utuh memelihara, merehabilitasi, menjaga dan memanfaatkan sumber-sumber air yang ada secara efektif dan efisien terhadap kesejahteraan masyarakat. Kegiatan ini diperlukan untuk mengurangi polusi dan pencemaran sumber daya air akibat perlakuan eksploitasi berlebihan dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat.

Upaya konservasi air tidak akan memiliki kontribusi secara signifikan dalam peningkatan produktivitas lahan, jika pemanfaatan air yang dilakukan boros. Oleh karena itu, upaya konservasi air harus disertai dengan pemanfaatan air secara efisien. Tidak semua bentuk teknik konservasi air dapat diterapkan pada setiap kondisi lingkungan. Ada beberapa faktor pembatas lingkungan yang perlu diperhatikan dalam menentukan teknik konservasi air yang akan diterapkan. Kesalahan penerapannya akan berakibat bukan hanya pada tidak efektifnya suatu teknologi konservasi air, tetapi juga meningkatkan biaya dan menurunnya produktivitas lahan. Faktor pembatas yang harus diperhatikan dalam menentukan teknik konservasi air adalah: Iklim (curah hujan), kemiringan lahan,



kedalaman efektif tanah, dan tekstur tanah. Jumlah curah hujan menentukan volume dari air hujan yang harus dikonservasi yang akan menjadi dasar menentukan dimensi teknologi konservasi air yang akan diterapkan di wilayah tertentu. Intensitas hujan menentukan jenis teknik konservasi air yang dipilih, sedangkan sebaran curah hujan berkaitan dengan lokasi dan waktu teknik tersebut diterapkan.

Contoh model pengelolaan dan pemanfaatan potensi air di hilir sungai disampaikan oleh Eryani pada 2015, dengan membuat model pengelolaan daerah hilir sungai di DAS Petanu dan DAS Saba seperti berikut.

A. Model Pengelolaan Daerah Hilir Sungai

Model pengelolaan daerah hilir sungai dan sumber daya air di Muara Sungai dapat dilakukan dengan cara:

1. Fungsi utama daerah hilir Sungai lestari
2. Daerah Hilir sungai dimanfaatkan dengan optimal
3. Sempadan hilir sungai aman dari pemukiman
4. Kondisi Muara Sungai Petanu bersih
5. Muara Sungai Petanu dapat menjadi objek wisata
6. Air di hilir sungai terjangkau sesuai dengan baku mutu kelas 1
7. Keterlibatan Kelompok Masyarakat Peduli Sumber Daya Air (KMPSDA) Muara Sungai Petanu secara berkelanjutan
8. Menjadikan Muara Sungai Petanu sebagai sumber kehidupan masyarakat.

B. Masalah yang Masih Terjadi di Daerah Hilir Sungai

Sedangkan masalah daerah hilir yang saat ini terjadi adalah:



1. Kualitas air belum memnuhi standar baku mutu
2. Pencemaran air dari limbah basah dan limbah kering
3. Hilir Sungai Petanu belum tertata
4. Bangunan di sempada Sungai Petanu belum tertata
5. Keterlibatan masyarakat belum maksimal
6. Belum ada regulasi tentang pelestarian Sumber daya air di muara sungai
7. Terdapat gejala krisis air menyangkut kuantitas dan kualitas air

C. Potensi yang dimiliki Muara

1. Air di muara sungai Petanu mengalir terus-menerus sepanjang tahun (ekologi dan ekonomi)
2. Pemandangan alamnya terlihat indah (ekologi dan ekonomi)
3. Partisipasi masyarakat tinggi (edukasi dan sosiologis)
4. Keanekaragaman hayati di sekitar bantaran sungai yang dapat bermanfaat bagi masyarakat (ekologi dan ekonomi)
5. Perhatian berbagai instansi terkait pelestarian sumberdaya air sangat baik (edukasi)
6. Air Muara Sungai Petanu berpotensi menjadi sumber air baku sebagai air minum (ekoekonsosbud)
7. Dapat menjadi objek wisata air karena airnya bersih (ekobud)
8. Dapat menjadi sarana amenities (nyaman) (sosbud)
9. Dapat menjadi sarana ruang publik (soslubudeko)



10. Dapat menjadi alur pelayaran (ekonomi)
11. Perhatian CSR (ekonomi dan edukasi)
12. Atensi perguruan tinggi sebagai pengabdian kepada masyarakat (edukasi)
13. Sumber air suci/melukad (sosbud)
14. *Long storage* “di hilir Sungai Petanu (edukasi)

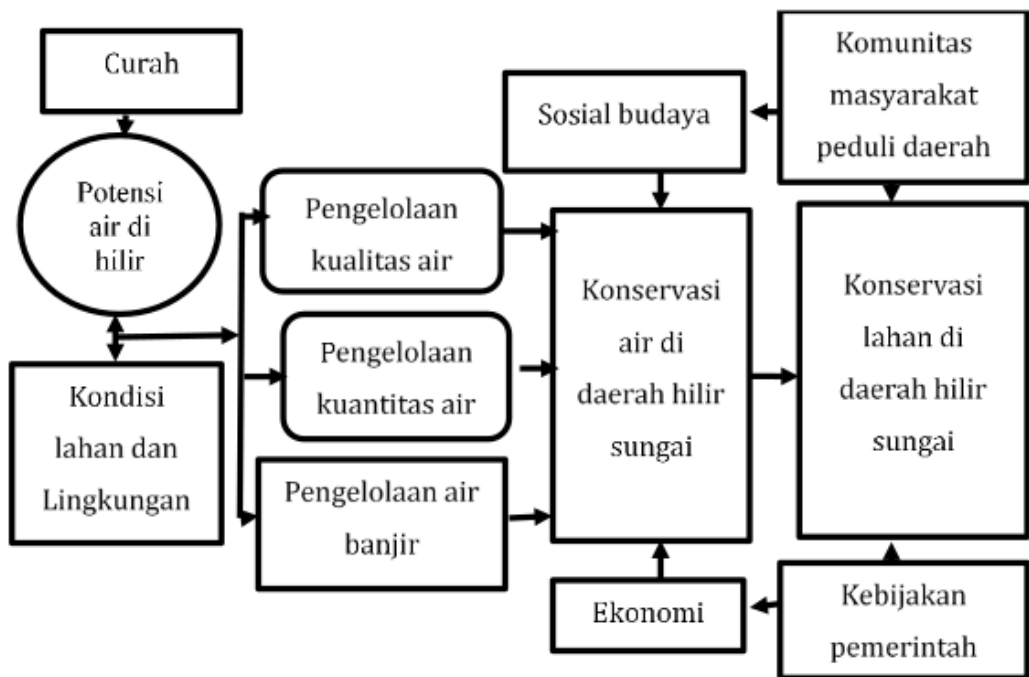
4.4.4 Program/Kegiatan

1. Program Konservasi sumberdaya air
 - a. Gotong royong pembersihan sampah sungai
 - b. Sosialisasi tentang pelestarian sungai
 - c. Perencanaan penataan DAS
 - d. Penanaman pohon
 - e. Desalinitasi
2. Program Penguatan Kapasitas Kelembagaan KM-PSDA
 - a. Advokasi organisasi
 - b. Pelatihan teknis
 - c. *Study banding*
3. Program Peningkatan Pengetahuan Masyarakat
 - a. Penyuluhan
 - b. Sosialisasi program
 - c. Percontohan
 - d. Pertemuan rutin dan *accidental*
4. Program Peningkatan Ekonomi Masyarakat
 - a. Penyediaan lahan parkir di sekitar wantilan Pura Segara
 - b. Pembangunan warung disekitar garis Pantai Saba



c. Penyediaan ruang publik di hilir Sungai Petanu

Konservasi air di hilir sungai melalui pengelolaan yang efektif dan penggunaan yang efisien merupakan kegiatan sangat dibutuhkan dan mendesak. Pengelolaan air berdasarkan keberadaan lingkungan sungai sebagai sumber daya alam adalah merupakan bagian dari program konservasi air yang secara utuh memelihara, merehabilitasi, menjaga dan memanfaatkan sumber-sumber air.



Gambar 4.1 Contoh Model Pengelolaan Air di Daerah Hilir Sungai Petanu

Sumber: (Eryani, 2015a)





BAB 5

PENGEMBANGAN POTENSI MUARA

5.1 Ekowisata

Ekowisata secara sederhana dapat didefinisikan sebagai perjalanan wisata yang penuh tanggungjawab ke suatu destinasi dengan tujuan untuk konservasi alam serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal. Ekowisata tidak jarang didefinisikan sebagai sub-kategori dari pariwisata berkelanjutan atau segmen yang lebih besar dari wisata berbasis alam.

5

Berdasarkanacamata ekonomi makro, ekowisata memberikan beberapa dampak positif (Yoeti, 2008), yaitu:

- Menciptakan kesempatan berusaha;
- Menciptakan kesempatan kerja;
- Meningkatkan pendapatan sekaligus mempercepat pemerataan pendapatan masyarakat, sebagai akibat multiplier effect yang terjadi dari pengeluaran wisatawan yang relatif cukup besar;
- Meningkatkan penerimaan pajak pemerintah dan retribusi daerah;

- Meningkatkan pendapatan nasional atau Gross Domestic Bruto (GDB);
- Mendorong peningkatan investasi dari sektor industri pariwisata dan sektor ekonomi lainnya;
- Memperkuat neraca pembayaran. Bila neraca pembayaran mengalami surplus, dengan sendirinya akan memperkuat neraca pembayaran Indonesia, dan sebaliknya.

Pengembangan ekowisata tidak saja memberikan dampak positif, tetapi juga dapat memberikan beberapa dampak negatif, antara lain (Yoeti, 2008):

- Sumber-sumber hayati menjadi rusak, yang menyebabkan Indonesia akan kehilangan daya tariknya untuk jangka panjang;
- Pembuangan sampah sembarangan yang selain menyebabkan bau tidak sedap, juga dapat membuat tanaman di sekitarnya mati;
- Sering terjadi komersialisasi seni-budaya; dan lain sebagainya.

5.2 Ekowisata di Daerah Muara

Kawasan muara sungai memiliki potensi sebagai kunjungan wisata seperti mangrove, wisata rohani dan lain sebagainya. Ada beberapa wilayah mangrove di Provinsi Bali yang dikembangkan sebagai ekowisata diantaranya adalah mangrove di Tuban.



Mangrove Tuban mempunyai sejarah awal pengembangannya yang muncul dari ide Kelompok Nelayan Tradisional Wanasari Tuban – Kuta -Bali untuk memanfaatkan lahan hutan bakau dengan mencoba mengembangkan budidaya kepiting bakau lokal. Hal ini juga didukung oleh faktor pariwisata mengingat banyaknya permintaan atas bahan baku kepiting bakau untuk kuliner khususnya seafood restaurant yang marak di Bali. Dengan munculnya ide ini nelayan wanasari tuban memiliki kendala dengan dana dalam pengembangan ide tersebut, maka untuk mewujudkan hal tersebut nelayan menggandeng atau mencari dana melalui dana CSR yang akhirnya menemukan suatu perusahaan BUMN yang mau membantu mengatasi permasalahan yang di hadapi nelayan wanasari untuk mengembangkan ide tersebut yaitu dengan CSR PERTAMINA DPP Ngurah Rai – Bali. Dengan adanya CSR Pertamina ini perkembangan budidaya di dalam budidaya keramba kepiting ini berkembang pesat dan kelompok yang timbul dalam budidaya ini bertambah menjadi 5 kelompok budidaya keramba kepiting. Dengan berhasilnya pengembangan budidaya ini maka muncul ide untuk membuat ekowisata, yang tetap berprinsip tidak merusak ekosistem dan habitat hutan mangrove, Hal ini juga mendapatkan respon yang baik dari CSR PERTAMINA DPP Ngurah Rai – Bali yang memiliki visi dan misi yang sama dengan kelompok Nelayan wanasari, Dimana tujuan dari di buatnya Ekowisata ini dengan mengedepankan pendidikan tentang pentingnya menjaga habitat dan ekosistem hutan mangrove, dimana system yang kami pilih yaitu dengan memberikan informasi tentang mangrove dan budidaya keramba kepiting bakau secara



langsung, baik itu dengan terjun langsung dalam pembudidayaan seperti, informasi pembuatan bibit kepiting dari indukan sampai siap panen, selain itu juga kita memberikan tentang pendidikan cara menjaga kelestarian hutan mangrove seperti penanaman pohon mangrove langsung kepada pengunjung serta pelepasan beberapa benih kepiting langsung pada alam bebas di sekitar hutan mangrove (Ekowisata Bali, 2013).

Selain sebagai mangrove daerah muara di Bali juga dimanfaatkan sebagai wisata religi/budaya dan wisata bahari seperti pada Kawasan hilir sungai Ayung dan pantai Padanggalak yang terletak di Desa Kesiman, Kota Denpasar. Saat ini Kawasan hilir sungai Ayung merupakan kawasan wisata religi/budaya dan wisata bahari. Kawasan Sungai Ayung bagian hilir ini juga memiliki potensi air yang debitnya besar dan sepanjang tahun terus mengalir. Faktor obyek dan daya tarik wisata dari suatu kawasan sangat menentukan pilihan jumlah kunjungan wisatawan. Produk wisata mempunyai elemen penawaran wisata (Damanik and Weber, 2006), yang terdiri dari atraksi sebagai obyek wisata yang terbagi menjadi tiga yaitu alam, budaya dan buatan. Unsur lain yang melekat dalam atraksi ini adalah hospitality, yakni jasa akomodasi atau penginapan, restoran, biro perjalanan, dan sebagainya. Pengelolaan sumber daya air terpadu terdiri dari dua sub sistem, yaitu: Sub sistem monitoring berupa jaringan hidrologi dan hidrometri (sesuai kebutuhan) untuk dapat menyajikan real time allocation membutuhkan peralatan telemetri dan model matematik yang handal sumber daya manusia berupa tenaga ahli untuk analisa sistem, ahli hidrologi dan computer dan ahli

elektronika. Sub sistem konservasi mempunyai spectrum yang sangat luas, mulai dari pengendalian kondisi hidro-orologis di daerah hulu, pengendalian aliran dengan saran fisik di sepanjang aliran, hingga pengendalian kualitas dari hulu hingga hilir. Sumber daya manusia berupa tenaga ahli hidrologi, konservasi tanah, teknik bendungan, kualitas air, dan lain lain. Adanya peraturan yang jelas dan diberlakukan law enforcement dengan tegas koordinasi antara berbagai instansi terkait. Sub sistem alokasi pada sumber air yang dipergunakan untuk berbagai kepentingan pertanian, industri, domestik, dan sebagainya membutuhkan tata cara perijinan yang jelas, sistem operasi yang handal dan pengawas yang tegas. Pengambilan keputusan dari saat ini didasarkan pada tatanan yang bersifat baku, koordinasi antar instansi dibatasi kondisi yang sangat darurat saja.

5.3 Waterfront Development

11

Waterfront Development adalah konsep pengembangan daerah tepian air baik itu tepi pantai, sungai ataupun danau. Pengertian “waterfront” dalam Bahasa Indonesia secara harafiah adalah daerah tepi laut, bagian kota yang berbatasan dengan air, daerah pelabuhan (PT. Noupara, 2012).

Konsep pengembangan ini sudah di pakai oleh beberapa negara maju dan berkembang antara lain: Amerika serikat, Dubai, dan beberapa negara Eropa dan Asia lainnya. Pengembangan kawasan tepi air ini sebenarnya sudah mulai di kembangkan sejak tahun 1980



dan bermula di wilayah negara Amerika. Pengembangan di Amerika serikat sendiri bermula dari pengembangan kawasan pelabuhan yang sudah tidak aktif lagi. Kawasan pelabuhan tersebut kemudian di ubah menjadi kawasan bisnis, hiburan bahkan permukiman. Sehingga lahan pelabuhan yang sudah tidak aktif menjadi lebih optimal. Kini di Indonesia sendiri sedang dikembangkan pula Waterfront Development. Beberapa daerah sudah mulai mengembangkan daerahnya dengan konsep Waterfront Development antara lain: Manado, Makasar, serta beberapa daerah lain yang memiliki daerah tepian air. Melihat kondisi Indonesia sendiri yang notabene nya adalah negara kepulauan maka pantas jika daerah – daerah yang dekat dengan tepian air mengembangkan wilayahnya dengan acuan Waterfront Development karena selain mngoptimalkan lahan juga dapat menjadi area bisnis serta rekreasi tersendiri. Dengan begitu maka pemasukan daerah pun akan tetap terpenuhi.

5.3.1 Jenis – Jenis Waterfront

1) Konservasi

Adalah penataan waterfront kuno atau lama yang masih ada sampai saat ini dan menjaganya agar tetap dinikmati masyarakat.

2) Redevelopment

Adalah upaya menghidupkan kembali fungsi-fungsi waterfront lama yang sampai saat ini masih digunakan untuk kepentingan masyarakat dengan mengubah atau membangun kembali fasilitas - fasilitas yang ada.



3) **Development**

Adalah usaha menciptakan waterfront yang memenuhi kebutuhan kota saat ini dan masa depan dengan cara mereklamasi pantai.

5.3.2 Fungsi Waterfront

10

1) **Mixed Used Waterfront**

Adalah waterfront yang merupakan kombinasi dari perumahan, perkantoran, restoran, pasar, rumah sakit, dan/atau tempat-tempat kebudayaan.

2) **Recreational Waterfront**

Adalah adalah semua kawasan waterfront yang menyediakan sarana-sarana dan prasarana untuk kegiatan rekreasi, seperti: taman, arena bermain, tempat pemancingan, dan fasilitas untuk kapal pesiar.

3) **Residential Waterfront**

Adalah perumahan, apartemen, dan resort yang dibangun di pinggir perairan - Working Waterfront Adalah tempat-tempat penangkapan ikan komersial, reparasi kapal pesiar, industri berat, dan fungsi-fungsi pelabuhan

5.3.3 Kriteria – Kriteria Waterfront

Dalam menentukan suatu lokasi tersebut waterfront atau tidak maka ada beberapa kriteria yang digunakan untuk menilai lokasi suatu tempat apakah masuk dalam waterfront atau tidak. Berikut kriteria yang ditetapkan:

10

- Berlokasi dan berada di tepi suatu wilayah perairan yang besar (laut, danau, sungai, dan sebagainya).
- Biasanya merupakan area pelabuhan, perdagangan, permukiman, atau pariwisata.
- Memiliki fungsi-fungsi utama sebagai tempat rekreasi, permukiman, industri, atau pelabuhan.
- Dominan dengan pemandangan dan orientasi ke arah perairan.
- Pembangunannya dilakukan ke arah vertikal horizontal.



Gambar 5.1 Waterfront city di Makassar

Sumber: (CV. Yufa Karya Mandiri, 2012)



DAFTAR PUSTAKA

- Anasiru, T. (2006) 'Angkutan Sedimen Pada Muara Sungai Palu', *Jurnal SMARTek*, 4(1), pp. 25–33.
- Aryastana, P., Ardanth, I. M. and Agustini, N. K. (2017) 'Analisis Perubahan Garis Pantai dan Laju Erosi di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung Dengan Citra Satelit Spot', *Jurnal Fondasi*, 6(2), pp. 100–111.
- Badan Lingkungan Hidup (2012) *Status lingkungan Hidup Provinsi Bali 2011*. Denpasar.
- Bray, N. and Cohen, M. (2010) *Dredging For Development*. 6th edn. Netherland: International Association of Dredging Companies (IADC).
- Bruun, P. (1973) *Port Engineering*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- Chendratama, E. et al. (2010) *Perencanaan Normalisasi Sungai Blukar Kabupaten Kendal*. Semarang. Available at: <https://media.neliti.com/media/publications/103130-ID-perencanaan-normalisasi-sungai-blukar-ka.pdf>.
- CV. Yufa Karya Mandiri (2012) *Konsep Pembangunan Waterfront Development*. Available at: <https://cv-yufakaryamandiri.blogspot.com/2012/10/konsep-pembangunan-waterfront.html> (Accessed: 2 July 2019).
- Dackombe, R. V. and Gardiner, V. (1983) *Geomorphological Field Manual*. London: George Allen and Unwin.
- 12 Dahuri, R. (1992) 'Strategi penelitian estuari di Indonesia', in *Pros.*

- 5 *Loka. Nas. Peny. Prog. Pen. Bio.* Semarang: Kelautan dan Proses Dinamik Pesisir, UNDIP.
- Damanik, J. and Weber, H. (2006) *Perencanaan Ekowisata dari teori ke Aplikasi*. Yogyakarta: PUSPAR dan Andi.
- Davis, R. A. J. (1985) *Coastal Sedimentary Environments*. New York: SpringerVerlag.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004) *Perbaikan Muara Sungai dengan Jeti, Pedoman Konstruksi Dan Bangunan*. Available at: <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/pd-t-07-2004-a.pdf>.
- Duxbury, A. et al. (2002) *Fundamentals of Oceanography-4th Ed*. New York: McGraw-Hill Publishing.
- 1 Eisma, D. (2006) *Dredging In Coastal Water*. London: Taylor & Francis plc.
- Ekowisata Bali (2013) *Informasi Ekowisata*. Available at: <http://www.ekowisatabali.com/ekowisata-2/>.
- 16 Eryani, I. G. A. P. (2014) 'Potensi Air Dan Metode Pengelolaan Sumber Daya Air Di Daerah Aliran Sungai Sowan Perancak Kabupaten Jembrana', *Paduraksa*, 3(1), pp. 32–41.
- Eryani, I. G. A. P. (2015a) *Potensi Air Muara Sungai Petanu Dan Saba Sebagai Model Pengelolaan Sumber Daya Air di Provinsi Bali*. Universitas Udayana Denpasar.
- Eryani, I. G. A. P. (2015b) 'Upaya Pengelolaan Lingkungan Pantai Kedungu Dan Muara Sungai di Kabupaten Tabanan', *Paduraksa*, 4(1), pp. 48–56.
- Eryani, I. G. A. P. (2017) *Perancangan Bangunan Air untuk Pengelolaan*



Sumberdaya Air di Hilir Sungai. Denpasar: Warmadewa University Press. Available at: <https://www.scribd.com/document/399111980/Buku-Ajar-Eryani-2017>.

Eryani, I. G. A. P. and Nurhamidah, N. (2020) 'Sedimentation management strategy in river estuary for control the water damage in downstream of Ayung River', *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(2), pp. 743–748. doi: 10.18517/ijaseit.10.2.10832.

Gross, M. G. (1987) *Oceanography A View of the Earth*. Fourth Edi. Prentice-Hall.

Hartoko, A. (2010) *Modul Praktikum MK. Aplikasi Inderaja & SIG Perikanan*. Semarang.

Hehanussa, P. E., Hadiwisastro, S. and Joehanah, S. (1975) *Sedimentasi Delta Baru Cimanuk, Pertemuan Ilmiah Tahunan IV*. Bandung: Ikatan Ahli Geologi Indonesia.

12 Odum, E. P. (1971) *Fundamentals of Ecology 3rd*. Toronto: W.B. Saunders Co.

Peraturan Pemerintah (2001) 'Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001', *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia*, (1), pp. 1–5. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.03.021.

Pethick, J. (1984) *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Mariland: Edward Arnold.

Pritchard, D. W. (1967) 'What is an estuary: a physical viewpoint', *American Association for the Advancement of Science*, 83, pp.



3-5.

PT. Noupara (2012) *Masterplan Penataan Kawasan Wisata Tepi Air Belawan*. Medan.

Reineck, H. . and Singh, I. B. (1975) *Depositional Sedimentary Environments*. New York: Springer Berlin Heidelberg.

Selby, M. J. (1985) *Earth's Changing Surface an Introduction to Geomorphology*. Oxford: Clarendon Press.

Sisda Bali (2020) *Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir Tukad Mati di Kab. Badung dan Kota Denpasar*, <http://sda.pu.go.id/>. Available at: <http://sda.pu.go.id/bwsbalipenida/berita/detailberitabalai/109-pembangunan-prasarana-pengendali-banjir-tukad-mati-di-kab-badung-dan-kota-denpasar-> (Accessed: 23 July 2020).

Summerfield, M. A. (1991) *Global Geomorphology, An Introduction to The Study of Landforms*. Singapore: Longman Singapore Pub.

Sunarto (2004) *Perubahan Fenomena Geomorfik Daerah Kepesisiran di sekeliling Gunungapi Muria Jawa Tengah (Kajian Palaeogeomorfologi)*. Universitas Gadjah Mada.

Sunaryo, M., Walujo, T. and Harnanto, A. (2004) *Pengelolaan Sumber Daya Air, Konsep dan Penerapannya*. Malang: Bayumedia.

Syahminan (1996) *Studi Pencemaran Logam Berat di Perairan Estuari Siak, Pekanbaru, Riau*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

¹ Triatmodjo, B. (1999) *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

Werdi, N. M. K. and Eryani, I. G. A. P. (2020) 'Alternatif Perencanaan Jetty di Muara Tukad Pangi Kabupaten Badung', *Paduraksa*,



9(1), pp. 102–113.

Wicaksono, L. (2015) 'Muara Sungai di Kawasan Pantai Lovina Jadi Sarang Nyamuk', *tribun-bali.com*, 20 September. Available at: <https://bali.tribunnews.com/2015/09/20/muara-sungai-di-kawasan-pantai-lovina-jadi-sarang-nyamuk>.

Williams, H. (2015) *Streams and Rivers*. Available at: <http://earthsci.org/processes/geopro/stream/stream.html>.

Wright, D. L. (1987) 'River Delta', in Davis, R. A. (ed.) *Coastal Sedimentary Environments*. New York: Springer-Verlag, pp. 5–68.

Yoeti, O. A. (2008) *Ekonomi Pariwisata: Introduksi, Informasi, dan Implementasi*, Kompas Media Nusantara. Edited by B. Pribadi. Jakarta: Kompas Media Nusantara. Available at: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=408576>.

Zulkarnain, I. *et al.* (2016) 'Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Pengerukan Dengan Perhitungan Manual dan Program Surfer (Studi Kasus Pelabuhan Khusus Batubara Pt. Indominco Mandiri Bontang)', *Jurnal Chart Datum*, 2(1), pp. 21–28. Available at: https://www.researchgate.net/publication/342560031_Analisis_Perbandingan_Perhitungan_Volume_Pengerukan_dengan_Perhitungan_Manual_dan_Program_Surfer_Studi_Kasus_Pelabuhan_Khusus_Batubara_PT_Indominco_Mandiri_Bontang.





PROFIL PENULIS



Dr. Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, MT, dilahirkan di Denpasar, 08 Januari 1966. Pendidikan dasar ditempuhnya di SD Negeri 26 Pemecutan di daerah kelahirannya. Pendidikan Menengah ditempuhnya di SMP Negeri 2 dan SMA Negeri 2. Gelar sarjana bidang teknik sipil diperolehnya di Universitas Warmadewa pada tahun 1991. Gelar magister bidang teknik sipil diperolehnya di Universitas Gadjah Mada pada tahun 1995. Dan gelar doktor diperolehnya di Universitas Udayana pada tahun 2015.

Sejak tahun 1991 sampai sekarang ia menjadi dosen tetap di Fakultas Teknik Universitas Warmadewa. Matakuliah yang pernah dibinanya adalah Rekayasa Pantai, Perancangan bangunan Air, Statistik dan Probabilitas, Metodologi Penelitian dan Teknik Presentasi serta Pengelolaan Sumber Daya Air. Ia pernah menjabat sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa pada tahun 1997-2000, menjadi Kepala Laboratorium Hidro Universitas Warmadewa pada tahun 2001-2003, menjadi Kepala Pusat Penelitian Universitas Warmadewa pada tahun 2003-2009, dan menjadi Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Warmadewa sampai sekarang.



Kegiatan penelitian yang pernah dilakukan antara lain tentang Pengaruh Perubahan Iklim Global terhadap Karakteristik Kerusakan Pantai di Kabupaten Badung Provinsi Bali, Kajian Perubahan Fungsi Lahan di Muara Sungai Terhadap Pelestarian Sumber Daya Air, Potensi Air Muara Sungai Petanu dan Saba Sebagai Dasar Model Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan di Provinsi Bali,

Di sela-sela kesibukanya sebagai dosen dan penulis, ia juga menjadi narasumber pada berbagai forum seminar dan/penataran. Selain itu, ia juga menjadi dosen berprestasi tingkat universitas di Universitas Warmadewa serta di tingkat Kopertis Wilayah VIII Denpasar pada tahun 2017.

TENTANG PENULIS



Dr. Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, MT. dilahirkan di Denpasar, 08 Januari 1966. Gelar sarjana bidang teknik sipil diperolehnya di Universitas Warmadewa pada tahun 1991. Gelar magister bidang teknik sipil diperolehnya di Universitas Gadjah Mada pada tahun 1995. Dan gelar doktor diperolehnya di Universitas Udayana pada tahun 2015.

Sejak tahun 1991 sampai sekarang ia menjadi dosen tetap di Fakultas Teknik

Universitas Warmadewa. Ia pernah menjabat sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa pada tahun 1997-2000, menjadi Kepala Laboratorium Hidro Universitas Warmadewa pada tahun 2001-2003, menjadi Kepala Pusat Penelitian Universitas Warmadewa pada tahun 2003-2009, dan menjadi Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Warmadewa sampai sekarang.

Di sela-sela kesibukanya sebagai dosen dan penulis, ia juga menjadi narasumber pada berbagai forum seminar dan/penataran. Selain itu, ia juga menjadi dosen berprestasi tingkat universitas di Universitas Warmadewa serta di tingkat Kopertis Wilayah VIII Denpasar pada tahun 2017.

ISBN 978-623-7112-30-3



POTENSI AIR DAN PENATAAN MUARA SUNGAI

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	3%
2	Submitted to iGroup Student Paper	2%
3	Submitted to UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Student Paper	2%
4	thyni-littlestar.blogspot.com Internet Source	1%
5	repository.ipb.ac.id Internet Source	1%
6	repository.unhas.ac.id Internet Source	1%
7	www.ejournal-s1.undip.ac.id Internet Source	1%
8	bejoslam.blogspot.com Internet Source	1%
9	media.neliti.com Internet Source	1%
10	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	1%
11	Submitted to Universitas Sebelas Maret Student Paper	1%
12	eafm-indonesia.net Internet Source	1%

13

Internet Source

1%

14

hutanrakyat.blogspot.com

Internet Source

1%

15

konsultasiskripsi.com

Internet Source

1%

16

Submitted to Udayana University

Student Paper

1%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%